This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google books

https://books.google.com

Google

Dette er en digital kopi af en bog, der har været bevaret i generationer på bibliotekshylder, før den omhyggeligt er scannet af Google som del af et projekt, der går ud på at gøre verdens bøger tilgængelige online.

Den har overlevet længe nok til, at ophavsretten er udløbet, og til at bogen er blevet offentlig ejendom. En offentligt ejet bog er en bog, der aldrig har været underlagt copyright, eller hvor de juridiske copyrightvilkår er udløbet. Om en bog er offentlig ejendom varierer fra land til land. Bøger, der er offentlig ejendom, er vores indblik i fortiden og repræsenterer en rigdom af historie, kultur og viden, der ofte er vanskelig at opdage.

Mærker, kommentarer og andre marginalnoter, der er vises i det oprindelige bind, vises i denne fil - en påmindelse om denne bogs lange rejse fra udgiver til et bibliotek og endelig til dig.

Retningslinjer for anvendelse

Google er stolte over at indgå partnerskaber med biblioteker om at digitalisere offentligt ejede materialer og gøre dem bredt tilgængelige. Offentligt ejede bøger tilhører alle og vi er blot deres vogtere. Selvom dette arbejde er kostbart, så har vi taget skridt i retning af at forhindre misbrug fra kommerciel side, herunder placering af tekniske begrænsninger på automatiserede forespørgsler for fortsat at kunne tilvejebringe denne kilde.

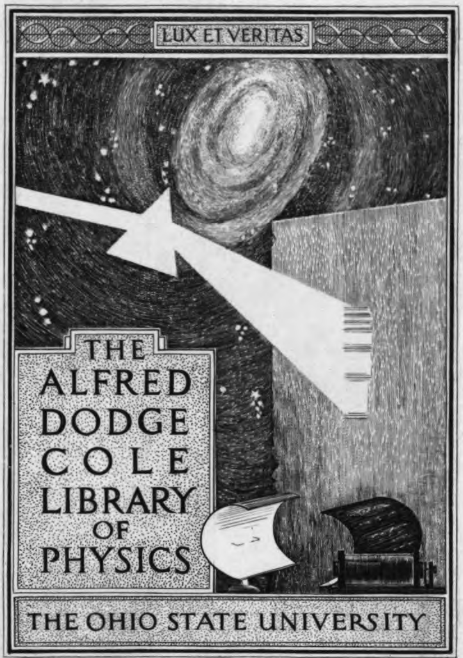
Vi beder dig også om følgende:

- Anvend kun disse filer til ikke-kommercielt brug
  Vi designede Google Bogsøgning til enkeltpersoner, og vi beder dig om at bruge disse filer til personlige, ikke-kommercielle formål.
- Undlad at bruge automatiserede forespørgsler
  Undlad at sende automatiserede søgninger af nogen som helst art til Googles system. Hvis du foretager undersøgelse af maskinoversættelse, optisk tegngenkendelse eller andre områder, hvor adgangen til store mængder tekst er nyttig, bør du kontakte os. Vi opmuntrer til anvendelse af offentligt ejede materialer til disse formål, og kan måske hjælpe.
- Bevar tilegnelse
  Det Google-"vandmærke" du ser på hver fil er en vigtig måde at fortælle mennesker om dette projekt og hjælpe dem med at finde yderligere materialer ved brug af Google Bogsøgning. Lad være med at fjerne det.
- Overhold reglerne
  Uanset hvad du bruger, skal du huske, at du er ansvarlig for at sikre, at det du gør er lovligt. Antag ikke, at bare fordi vi tror, at en bog er offentlig ejendom for brugere i USA, at værket også er offentlig ejendom for brugere i andre lande. Om en bog stadig er underlagt copyright varierer fra land til land, og vi kan ikke tilbyde vejledning i, om en bestemt anvendelse af en bog er tilladt. Antag ikke at en bogs tilstedeværelse i Google Bogsøgning betyder, at den kan bruges på enhver måde overalt i verden. Erstatningspligten for krænkelse af copyright kan være ganske alvorlig.

Om Google Bogsøgning

Det er Googles mission at organisere alverdens oplysninger for at gøre dem almindeligt tilgængelige og nyttige. Google Bogsøgning hjælper læsere med at opdage alverdens bøger, samtidig med at det hjælper forfattere og udgivere med at nå nye målgrupper. Du kan søge gennem hele teksten i denne bog på internettet på `http://books.google.com`

Digitized by Google



Cole Memorial Library

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

FYSISK TIDSSKRIFT
VOLS. 18-19
1919-21

OHIO STATE
UNIVERSITY LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN

RIBE

18DE AARGANG. 1919—1920

KJØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1920

Digitized by Google

Digitized by Google

INDHOLD.

	Side
Andersen, Viggo, cand. mag., Assistent: Om Frembringelsen og Maalingen af smaa Lufttryk	12
Bjerknes, V., Professor, Dr. phil., Bergen: Om forutsigelse av regn	161
Christiansen, L., Adjunkt, Ribe: Et Forsøg fra Lydlæren	191
— Se Anmeldelser	
Fricke, H., cand. mag.: Röntgenstraalingens Betydning for den kvantitative kemiske Analyse	80
Hansen, H. M., Docent, Dr. phil.: Einsteins almindelige Relativitetsprincip	40
— Se Anmeldelser	
Harding, M. C., Inspektør, cand. polyt.: Brev fra Rasmus Rask til H. C. Ørsted	84
Hartmann, Jul., Docent, Dr. techn.: Luftstraalen og dens Anvendelse til Frembringelse af Lydbølger	97
Holst, Helge, cand. mag.: Einsteins Relativitetsteori og vor Rum- og Tidsopfattelse	58
Jacobsen, J. C., cand. mag.: Se P. O. Pedersen.	
Jepsen, H., Seminarielærer, Silkeborg: Elektrisk Spænding	155
Johansen, E. S., Docent: Se Anmeldelser.	
Jul, Niels, Seminarielærer, Vordingborg: Fysik i Folkeskolen	25
Kramers, H. A., Dr. phil.: Se Anmeldelser.	
Marke, A. W., mag. sc., Assistent: Se Anmeldelser.	
Molin, Kurt, fil. lic., Assistent, Trondhjem: Om användning af elektriska strömlinjer i planet för demonstration af några egenskaper hos det elektrostatiska fältet	3
Odencrants, Arvid, Docent, Dr. phil., Stockholm: Se Anmeldelser.	
Palitzsch, Sven, cand. polyt., Assistent: Lidt om Maalingen og Betydningen af draabeflydende og faste Stoffers Sammentrykkelighed	115
Pedersen, P. O., Professor: Nogle Eksempler paa Elektronteknik, refereret af cand. mag. J. C. Jacobsen	140
Petersen, Helge, Afdelingsmeteorolog: Et Varmeudvidelsesapparat	90
Sommerfeld, A., Professor, Dr. phil., München: En ensartet Opfattelse af Balmers og Deslandres' Serieled	33

745441

Digitized by Google

	Side
Thorup, A., Adjunkt, Horsens: Fysik og Sløjd. En Lampe-Fordelingstavle	86
Winther, Chr., Professor, Dr. phil.: Om Absorptionens Afhængighed af Lysstyrken	185
Aarets Nobelpristagere i Fysik	1
Professor A. Sommerfelds Besøg i Fysisk Forening	33
Danske Eksamensopgaver. I. Del af Skoleembedseksamen Sommeren 1919	29
Svenske Eksamensopgaver. Uppgifter i Fysik. Studentexamen V. T. 1919	93
— — — — — H. T. 1919	190

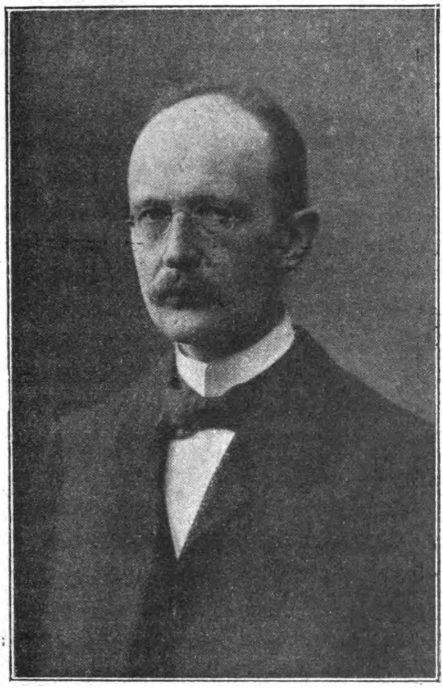
Fysik i Skolen.

Christiansen, L., Adjunkt, Ribe: Et Forsøg fra Lydlæren	191
Jepsen, H., Seminarielærer, Silkeborg: Elektrisk Spænding	155
Jul, Niels, Seminarielærer, Vordingborg: Fysik i Folkeskolen	25
Petersen, Helge, Afdelingsmeteorolog: Et Varmeudvidelsesapparat	90
Thorup, A., Adjunkt, Horsens: Fysik og Sløjd. En Lampe-Fordelingstavle	86
Svenske Eksamensopgaver. Uppgifter i Fysik. Studentexamen V. T. 1919	93
— — — — — H. T. 1919	190

Anmeldelser.

Bloch, E. Trepka: Beweis dass der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie nur beschränkte Gültigkeit hat. Anm. af Dr. phil. H. A. Kramers	200
Grimsehl, E.: Lehrbuch der Physik. Anm. af Docent E. S. Johansen	204
Planck, Max: Das Prinzip der Erhaltung der Energie. 3. Auflage. Anm. af mag. sc. A. W. Marke	32
Sommerfeld, A.: Atombau und Spektrallinien. Anm. af Docent, Dr. phil. H. M. Hansen	95
Sundorph, Th.: Lyslære for Gymnasiet. Anm. af Adjunkt L. Christiansen, Ribe	31
Winther, Chr.: Fotografiske Øvelser. Anm. af Docent, Dr. phil. Arvid Odencrants, Stockholm	192

Digitized by Google



MAX PLANCK.

Aarets Nobelpristagere i Fysik.

Af Dagspressen vil man have erfaret, at der i Aar uddeles 2 Nobelpræmier i Fysik, nemlig for 1918 til M. Planck, Berlin, og for 1919 til J. Stark, Greifswald. Da begges Hovedværk vil være Læserne vel bekendt fra tidligere Artikler i »Fysisk Tidsskrift«*), ind-

*) E. S. Johansen: Varmestraalingens Teori. 9. Aarg. S. 174 og 193. F. Reiche: Kvanteteorien. Oversat af Chr. Frantzen. 12. Aarg. S. 1. E. Buch Andersen: Kvanteteorien og nogle af dens Anvendelser. 13. Aarg. S. 103 og 149. Niels Bjerrum: Nyere Undersøgelser over Atomernes Bevægelser med særligt Henblik paa Kvantehypotesen. 14. Aarg. S. 49.
H. M. Hansen: Stark-Effekten. 13. Aarg. S. 70 og 211.

Digitized by Google

skrænker vi os til at bringe Billeder af de to fremragende Fysikere og nogle biografiske Oplysninger.

M a x P l a n c k er født i Kiel 23. April 1858; han studerede i München og Berlin, tog Doktorgraden i München 1879 og blev Privatdocent der 1880. I 1885 blev han Professor extr. i Kiel og i 1889 i

Johannes Stark.

Berlin; 1902 blev han endelig Professor ord. i teoretisk Fysik i Berlin og Bestyrer af Institutet for teoretisk Fysik. 1907 kaldedes han til Wien som Boltzmanns Efterfølger, men afslog det.

J o h a n n e s S t a r k er født i Schickenhof, Bayern, 15. April 1874; studerede 1894—97 i München, hvor han derefter blev Assistent hos Lommel; 1900 blev han Privatdocent og Assistent i Göttingen. 1907 blev han Professor extr. ved den tekniske Højskole i Hannover og samme Aar ved Universitetet i Greifswald. 1909 blev han Professor ord. ved den tekniske Højskole i Aachen og 1917 ved Universitetet i

Digitized by Google

Greifswald. I Aar er han kaldet til det nyoprettede Universitet i Hamburg; det er saa vidt vides endnu ikke bekendtgjort, om han modtager denne Kaldelse.

Om användning af elektriska strömlinjer i planet för »demonstration« af några egenskaper hos det elektrostatiska fältet.

Af

Kurt Molin.

Problem rörande den elektriska strömmens utbredning i tunna plattor af konstant tjocklek hafva behandlats af flera forskare såväl teoretiskt som experimentellt. En kortfattad framställning af frågan lämnar Chwolson i sin Lehrbuch der Physik; Auerbach behandlar samma dels i Winkelmanns Handbuch der Physik och utförligare i Graetz, Handbuch der Elektrizität und Magnetismus. Mera enbart med tanke på problemets matematiska sida är Webers framställning i Die partiellen Differential-Gleichungen der Mathematischen Physik och Debyes i Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften.

Genom en eller flera punktformiga elektroder tillföres en tunn platta elektricitet. På ett bestämdt sätt utbreder sig denna öfver plattan, och då eletriciteten är osammantryckbar*). så måste samma elektricitetsmängd strömma ut ur plattan genom katoden. Angående denna strömning göres följande antaganden. Kommer en linjär ström till den punktformiga anoden, så förgrenar den sig i ett oändligt antal

*) Dvs. div $j = 0$. Men då $j_n = \lambda E_n = -\lambda \frac{\partial V}{\partial n} = -\lambda \operatorname{grad}_n V$, erhålles divgrad $V = \Delta V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$, som är differentialekvation för den logaritmiska potentialen; de införda operationerna div och grad äro att uppfatta såsom tvådimensionala och af sammanhanget framgår att j_n betecknar den elektriska strömningen vinkelrät emot ytenheten, λ plattans konstanta ledningsförmåga och E_n den elektriska kraften.

Digitized by Google

likvärda och inom en tillräckligt liten cirkel kring anoden med samma täthet fördelade strömlinjer, om plattans tjocklek och ledningsförmåga betraktas såsom konstanter. Dessa strömlinjer tänkas utan möjlighet till vidare förgrening. I planet betraktas alltså strömlinjerna såsom isolerade linjer mellan hvilka det ej existerar några bryggor. Alla experiment gifva till resultat, att förhållandena i hvarje afseende uppfylla dessa teoriens fordringar.

Strömlinjerna kunna ej direkt observeras, som fallet är med ekvipotentiallinjerna och linjerna för lika strömstyrka. Den termiska metoden af Mach*) för fixering af linjerna för lika strömstyrka samt Kirchhoffs**) metod att af en kompassnåls deviation ur den magnetiska meridianen, då nålen är upphängd mycket nära den horisontella strömgenomflutna plattan, studera strömlinjerna stå långt efter den äfvenledes af Kirchhoff utarbetade ekvipotentiallinjemetoden. Enligt denna placeras spetsen af en af de båda trådar, som leda till mätinstrumentet i en fast, godtycklig punkt på den af likström genomflutna plattan. Bringas den andra spetsen i kontakt med plattan, erhållas på mätinstrumentet ett utslag motsvarande potentialdifferensen mellan de båda punkterna. Genom förskjutning af den sistnämnda spetsen uppsökes en punkt för hvilken intet utslag erhållas; denna ligger då på samma ekvipotentiallinje som den fasta punkten. Med bibehållande af denna kan så många punkter uppsökas, som erfordras för bestämning af ekvipotentiallinjens läge. Flyttas den fasta spetsen till en utanför den funna linjen belägen punkt, så erhållas en ny ekvipotentiallinje på samma sätt, och så godtyckligt många. Sedan ekvipotentiallinjerna äro bestämda uppritas lätt strömlinjerna mellan anoden och katoden, då dessa äro de ortogonala trajektorierna till ekvipotentiallinjerna. Metoden är kvalitativ och potentiallinjerna skilja sig i allmänhet ej från hvarandra med samma potentialdifferens, men af Kirchhoff**) är metoden utvidgad till att gifva kvantitativa resultat med hjälp af galvanometer.

Synnerligen vackra kvalitativa resultat kunna erhållas med hjälp af följande enkla anordning, som brukas på öfningslaboratoriet i Upsala, där professor G. Granqvist för att visa kvalitativt elektricitetens strömning i plattor infört det Kirchhoffska försöket med den modifikationen, att växelström från ett induktorium användes som ström-

*) E. Mach, Rep. d. Phys. 6. 10. 1870.
**) G. Kirchhoff, Pogg. Ann. 64. 497. 1845. — Ges. Abhandl., p. 1.

Digitized by Google

källa och att en telefon ersatt det ofvannämnda mätinstrumentet. Ljudminimum är kriteriet på att den rörliga spetsen befinner sig i en punkt med samma potential som den fasta. Som platta användes

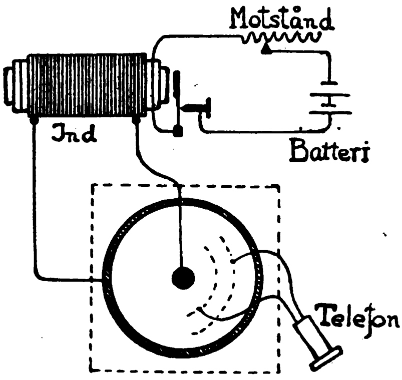


Fig. 1.

med utspädd $CuSO_4$-lösning mycket väl fuktadt filtrerpapper, som placerats på en glasskifva. Läget af de uppsökta punkterna fixeras med hjälp af spetsig anilinpenna. Anordningen framgår af fig. 1.

Bortseende ifrån de många intressanta strömningsproblem, som lätt kunna realiseras och som i vissa fall kunna underkastas en ingående matematisk behandling har jag här på grund af andra motiv försökt betrakta det stationära växelströmsfältet, som existerar mellan elektroderna, som ej blott få vara punktformiga utan äfven linjära och af ändlig utsträckning. Antages elektroderna bestå af godt ledande material, så kommer potentialen på desamma att hafva konstanta värden.

1) Mellan två parallella, tillräckligt långa linjära elektroder existerar, om man bortser ifrån kanterna, ett homogent stationärt växelfält. Det ligger nära till hands att uppställa en analogi mellan detta stationära fält och det normala elektrostatiska jordfältet för ett område i närheten af jordytan, där potentialfallet kan betraktas som konstant. Då alla upphöjningar på jordytan stå i ledande förbindelse med jorden och därför hafva jordens potential, så blir jordytan med dessa upphöjningar en ekvipotentialyta, som får representeras af den utskurna elektrodens kontur i fig. 2. De på hvarandra följande ekvipotentiallinjerna smyga sig efter elektrodens ojämnheter, men afvi-

Digitized by Google

kelserna från det rätlinjiga förloppet aftaga med växande afstånd från den oregelbundna elektroden. Man har härigenom erhållit en bild, som motsvarar förhållandena hos det normala elektrostatiska fältet i närheten af jordytan.

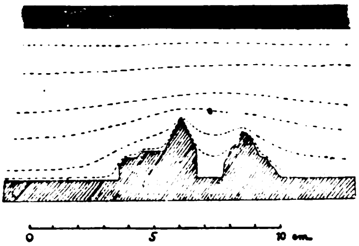


Fig. 2.

2) Uppritas strömlinjerna sedan ekvipotentiallinjerna experimentellt blifvet bestämda, och betraktas strömlinjerna såsom jämförbara med det elektrostatiska fältets kraftlinjer, så gifver vårt stationära växelfält fältbilder, som hafva sin fulla motsvarighet inom elektrostatiken och som lätt kunna varieras på en mångfald olika sätt, hvarpå här nedan skall lämnas några exempel.

a) En bild af förhållandena i ett symmetriplan genom det elektrostatiska kraftfältet kring en laddad isolerad sfärisk konduktor er-

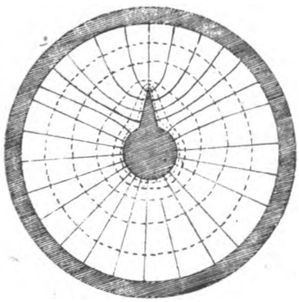


Fig. 3.

hålles, om som elektroder användas en cirkelring med stor radie och en med denna koncentrisk cirkulär platta med liten radie. Ekvipotentiallinjerna blifva med de cirkuläre elektroderna koncentriska cirklar och strömlinjerna gå radiert, likformigt fördelade i området mellan elektroderna.

b) En konsekvens af egenskapen, att elektriciteten endast befin-

Digitized by Google

ner sig på en ledares yta och att yttätheten aftar med aftagande krökning hos ifrågavarande ytelement, är lätt att påvisa. Ju större krökning, ju större yttäthet, och ju större antal kraftlinjer utgå från yt-

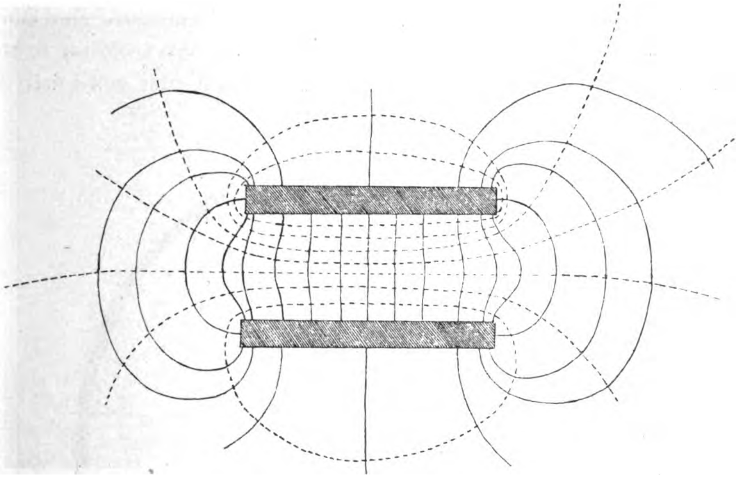


Fig. 4.

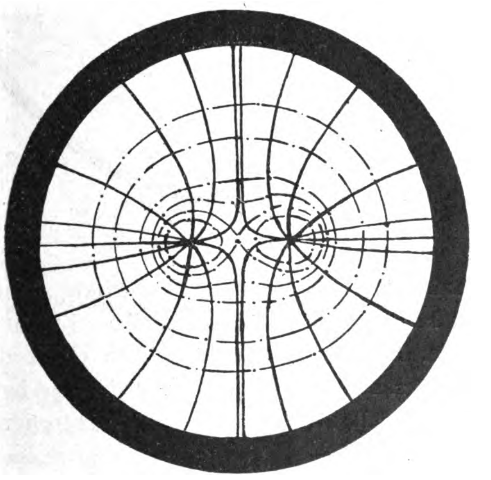


Fig. 5.

elementet vinkelrätt emot detsamma. Förses den inre elektroden med en spets (se fig. 3), så blifva i dess omgifning ekvipotentiallinjerna starkt hopträngda och de uppkonstruerade strömlinjerna gifva en bild af det elektrostatiska fältets spetsverkan.

Digitized by Google

c) Fig. 4 får föreställa ett transversellt symmetriplan genom en cirkulär plattkondensator. Ekvipotentiallinjerna äro parallella med elektroderna i mellanrummet mellan dessa, hvilket representerer det elektrostatiska fältets homogena del hos en kondensator, som tänkts uppladdad till en konstant potentialdifferens. Den erhållna figuren visar hur inhomogent fältet är vid elektrodernas kanter och i det yttre rummet.

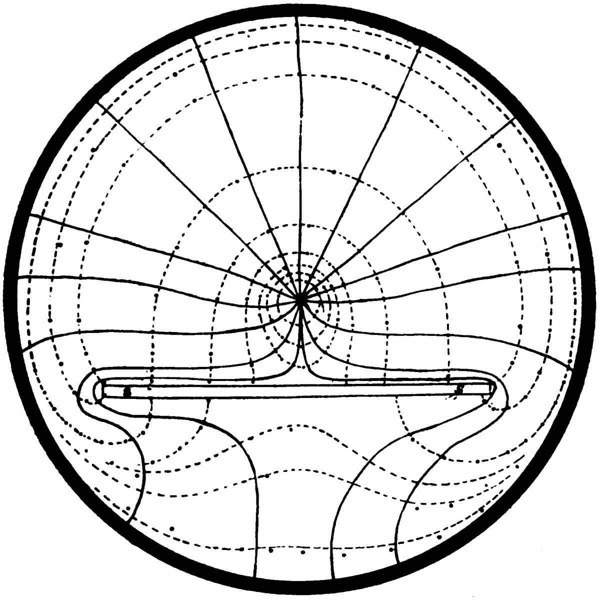


Fig. 6.

d) På samma sätt som kraftlinjer utgående ifrån med samma slags elektricitet laddade konduktorer repellera hvarandra, så repellera de strömlinjer hvarandra som utgå ifrån elektroder, förbundna med samma pol på sekundärspolen. Fig. 5 visar de hyperbelformade strömlinjerna för det fall, att 2 punktformiga elektroder användts mot en cirkulär.

Strömlinjernas ömsesidiga repulsion belyses äfven af den symmetriska anordningen från fig. 6, där en spalt *ss* i den ledande plattan hindrar strömlinjerna att komma fram i radiärt ställda banor. Det uppstår ett jämtviktstillstånd mellan å ena sidan repulsionen och å andra sidan det förhållande, att den elektriska strömningen söker sig

Digitized by Google

fram längs den väg, som erbjuder det minsta motståndet. Den elektriska strömtätheten är i skuggrummet naturligtvis afsevärdt liten, och det är därfor svårt att finna punkterna för ljudminimum. Ekvipotentiallinjerna blifva därför ej bestämda med samma noggrannhet som inom fältets öfriga delar. Dessa förhållanden belysas äfven af fig. 7, där på den »oändligt« utsträckta plattan med spalten *ss* en

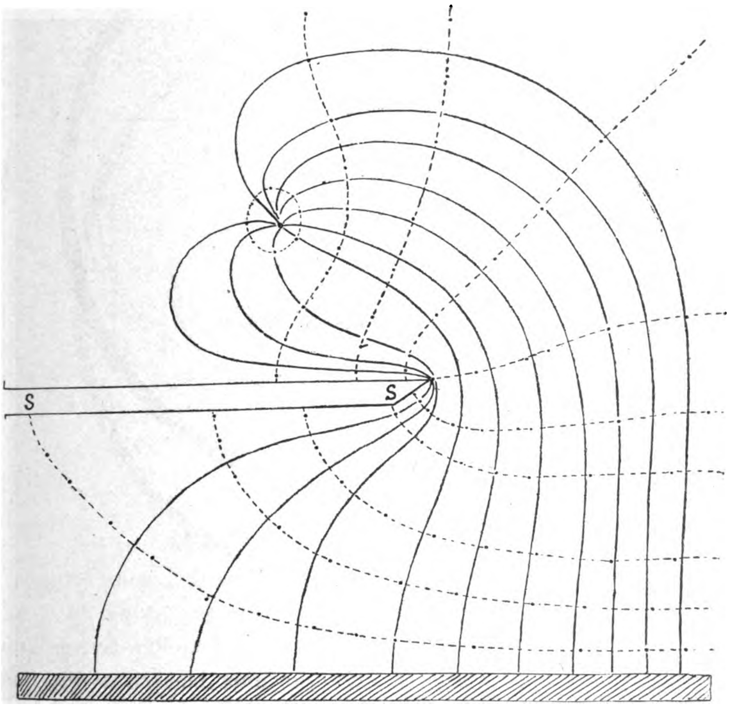


Fig. 7.

punktformig elektrod användts mot en linjär. Strömlinjerna trängas starkt tillsammans vid kanten och böjas därefter kring densamma.

e) Den elektriska skärmverkan demonstreras medelst fig. 8. Skärmen *Sk* är förbunden med samma pol på induktoriet som den yttre ringen. Strömlinjerna gå från den punktformiga elektroden till den närmaste ytan af skärmen och till ringen, som får representera andra omgifvande kroppar i det elektrostatiska fältet, och endast få strömlinjer tränga fram till området bakom skärmen.

Digitized by Google

f) Fältbilder visande influensverkan eller den elektrostatiska induktionen kunna erhållas med hjälp af metallplattor, som placeras på den ledande plattan utan förbindelse med elektroderna. Ström-

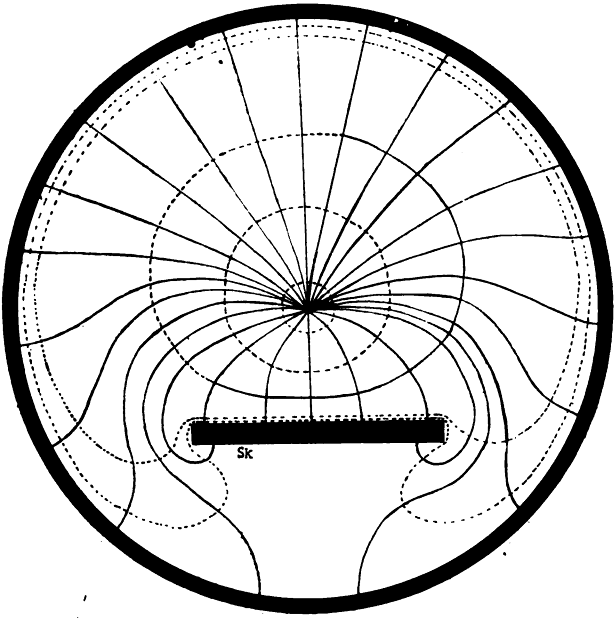


Fig. 8.

linjerna söka sig fram genom dessa metallplattor, som erbjuda ett mindre motstånd än plattan själf, såsom framgår af fig. 9.

g) Ersättes ellipsen i fig. 9 med en cirkelring mellan tvenne linjära elektroder som fig. 10 visar, så existerar intet elektriskt fält innanför ringen, hvilket påvisas därigenom, att området ej ger något ljud i telefonen. Därmed är den fullständiga skyddsverkan i det inre af metalliska kroppar demonstrerad. I fig. 10 är ringen förbunden med den ena elekroden och man observerar skärmverkan i ringens skuggområde.

För att uppnå att de olika ekvipotentiallinjerna skilja sig från hvarandra med samma potentialdifferens, alltså blifva till hvad som egentligen förstås med nivålinjer, så kan försöket uppdelas i två afdelningar; den första går ut på att längs en på den ledande plattan uppritad symmetrilinje mellan elektroderna finna punkter, som ligga

Digitized by Google

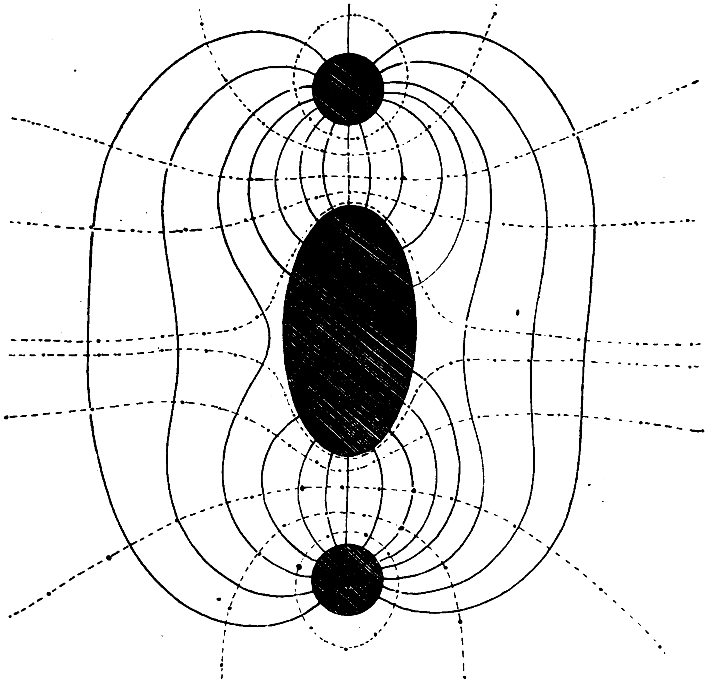


Fig. 9.

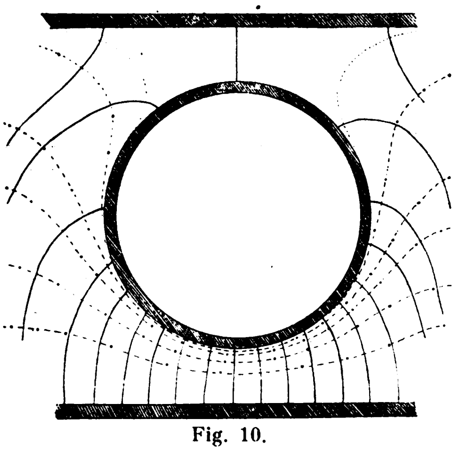


Fig. 10.

på sådana afstånd att potentialfallen emellan dem äro konstanta. Detta uppnås därigenom, att telefonen ersättes med ett tillräckligt

Digitized by Google

känsligt instrument med kvadratisk känslighet och att man för afståndet från en punkt till närmast bredvidliggande på instrumentet erhåller samma utslag. Med dessa punkter i tur och ordning som fasta punkter uppsökes med hjälp af telefon som förut ekvipotentiallinjerna. Denna utvidning är likväl öfverflödig för ifrågavarande enkla uppgift.

De ofvan beskrifna experimenten hafva af förf. införts vid norska lärarkursen i experimentell fysik å Fysiska Institutet i Trondhjem aug. 1919 med afsikt att låta dessa försök »demonstrera« förhållandena inom det elektrostatiska fältet, och synes det mig, att den enkla anordningen med sin stora inställningsskärpa inom växelfältets största område väl ägnar sig till skolförsök, och att sådana fösök borde lämna till resultat en konkret bild af åtminstone vissa egenskaper hos det elektrostatiska fältet.

Trondhjem, Tekniska Högskolans Fysiska Institut.
Aug. 1919.

Om Frembringelsen og Maalingen af smaa Lufttryk*).

Af
Viggo Andersen.

De senere Aars stærke Udvikling af Molekularfysikken og Elektronteorien har gjort Frembringelsen og Maalingen af Højvakuum meget aktuel og har affødt talrige og sindrige Konstruktioner saavel af Pumper som Manometre.

Selv om den rent tekniske Side af Sagen ved videnskabelige Undersøgelser vel i Almindelighed har mindre almen Interesse vil jeg dog vove i Aften at fortælle Dem om disse Ting, idet jeg haaber ikke at trætte Dem for meget.

Ved den følgende Omtale af P u m p e r, skal jeg kun ganske kort

*) Foredrag holdt i Selskabet for Naturlærens Udbredelse, Onsdag den 22. Oktober 1919.

Digitized by Google

opholde mig ved de ældre Pumpeformer, da disse vel tør anses for at være almindelig kendte, hvorimod de moderne Højvakuumpumper skal ofres en mere indgaaende Omtale. Alle ældre Pumper har til fælles Princip det, at adskille en Del af Luften i det Rum, der skal udpumpes, fra den øvrige Del af Luften i dette ved mekaniske Midler og dernæst føre denne Del ud til et andet Rum, hvor der findes et højere Tryk, det saakaldte Forvakuum, hvor der specielt kan være Atmosfæretryk. Ved saaledes at føre Luften bort portionsvis kommer man da efterhaanden ned paa lave Tryk. Det er en Selvfølge at for at opnaa et lavt Tryk, maa Afspærringen mellem det høje og det lave Tryk være overordentlig tæt. Denne Afspærring iværksættes paa to forskellige Maader, enten som i Guerickes Luftpumpe ved tætsluttende Stempler og Ventiler eller ved Kvægsølv. Men Guerickes Pumpe kan ikke opnaas særlig lave Tryk, dels paa Grund af at Stemplet ikke slutter absolut tæt og dels paa Grund af, at der bliver en lille Luftrest tilbage mellem Stemplet og Støvlebunden i det saakaldte skadelige Rum.

Allerede Guericke søgte at gøre Afspærringen bedre ved at hælde Stempel og Rørforbindelser over med Vand, hvorved dog det lavest opnaaelige Tryk kun kunde blive mættet Vanddamps Tryk ved Stuetemperaturen.

En væsentlig Forbedring betød det, da man gik over til Olietætning, da Olie har et nogle Tusind Gange mindre Damptryk end Vand. [Herefter fulgte en kort Gennemgang af ældre Pumpetyper]*).

Vi vil nu gaa over til at behandle den første virkelige Højvakuumpumpe, der er konstrueret af G a e d e i 1913, den saakaldte Molekularpumpe, der foruden andre Fortrin udmærker sig ved, at der ikke

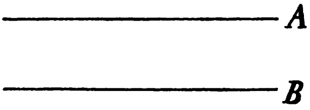


Fig. 1.

findes nogen Afspærring af mekanisk Art mellem Forvakuum og Højvakuum. Inden jeg gaar nærmere ind paa Beskrivelsen af Pumpen, skal jeg opholde mig lidt ved Teorien for Gnidningsfænomenerne i en Luftart, hvoraf Gaede har draget praktisk Nytte ved sin Pumpe. Lad *A* og *B* (Fig. 1) være 2 Plader med Luft imellem. Luften bestaar,

*) Se nærmere herom i Fysisk Tidsskrift Aarg. 11 p. 195, A. W. Marke: Om nogle nyere Typer af Luftpumper.

Digitized by Google

som bekendt, af Molekuler, der farer af Sted i en fuldstændig Uorden mellem hinanden med en Hastighed bestemt alene af vedkommende Luftarts Natur og dens Temperatur. De bevæger sig af Sted i rette Linier og forandrer kun Retning ved Sammenstød med de begrænsende Vægge eller med hinanden indbyrdes. Rammer et Molekul Væggen vil det kastes tilbage i en Retning uafhængig af Indfaldsretningen. Den Vej et Molekul gennemsnitlig løber mellem 2 paa hinanden følgende Sammenstød med andre Molekuler kaldes Middelvejlængden. Denne er ved $^1/_{1000}$ mm Kvægsølvtryk c. 10 cm.

Lad os nu tænke os *A* og *B* staar stille og lad os tillige tænke os, at Afstanden mellem Pladerne er mindre end Middelvejlængden, d. v. s. Lufttrykket er saa lille, og Pladernes Afstand er saa lille, at et Molekul, der forlader *A*, ikke oplever noget før det naar til *B*.

Betragter vi et lille Fladeelement paa en af Pladerne, vil der fare Molekuler fra det ud i alle Retninger. Molekulerne har vel forskellig Hastighed; men disse Hastigheder er fordelt ligeligt i alle Retninger. Giver vi nu Pladen *A* en Hastighed tilhøjre, vil alle Molekuler, der udgaar fra Pladen faa forandret deres Hastigheder, idet de jo hver for sig vil faa en Hastighed sammensat af den oprindelige og af den Hastighed, Pladen har faaet. Gives Pladen en Hastighed større end Molekulhastigheden, vil overhovedet alle Molekuler bevæge sig til højre, efter at de har forladt Pladen, og i alle Tilfælde vil en Bevægelse af Pladen tilhøjre give en Formindskelse af Antallet af Molekuler til venstre og en Forøgelse til højre; d. v. s. der vil skabes en Trykdifferens. Ved lave Tryk vil Forholdet mellem Tryk-

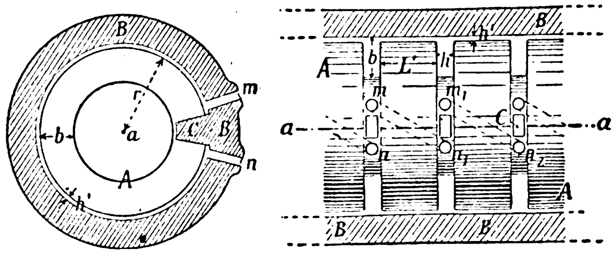


Fig. 2.

ket til venstre og Trykket til højre være uafhængig af Fortyndingsgraden, men selvfølgelig afhængig af den Hastighed hvormed *A* bevæges.

Indretningen af Molekularpumpen er nu denne (Fig. 2).

Digitized by Google

I Huset *B* roterer Cylinderen *A* om Aksen *a*. I *A* er indfræset en Rille. I denne rager en Lamel *C* ind.

Drejes der nu rundt i Retning med Uret, bliver Luften fortættet ved *m* og fortyndet ved *n*.

Det Vakuum, der kan opnaas, afhænger, som før omtalt, af Omdrejningstallet og Forvakuets Størrelse, da Forholdet mellem Trykkene ved *m* og *n* er konstant, og Trykket ved *m* jo er Forvakuumtrykket.

Med et Forvakuum paa 0,05 mm og 1200 Omdrejninger pr. sec. har man opnaaet Tryk af Størrelsen 0,0000002 mm Kvægsølvtryk. Paa Billedet ses flere Systemer byggede sammen for at forhøje Virkningen. Aksen tættes med Olie; for at forhindre at denne kommer ind i Pumpehuset, er der i Aksen indfræset en skrueformet Rille; naar Pumpen gaar, vil Centrifugalkraften slynge Olien ud efter og forhindre, at Overtrykket fra Atmosfæren presser den ind i Huset. Navnet Molekularpumpen har Gaede givet Pumpen af den Grund, at dens luftfortyndende Egenskaber alene skyldes den Indflydelse, det roterende Anker har paa Molekulernes Bevægelse.

Gaede har imidlertid senere konstrueret en ny Pumpe efter et ganske andet Princip, der har vist sig meget frugtbart og allerede har affødt en Mængde forskellige Konstruktioner i det sidste Par Aar. Princippet demonstreres i Fig. 3. Gennem Røret *AB* blæses en Dampstraale, *C* er en porøs Skillevæg. *E* fører til en Kolbe *V*. Røret *D* anbringes i et Bad af lav Temperatur f. Eks. flydende Luft. Blæses Dampstraalen nu igennem *AB*, bliver *V* tom. Vi har altsaa her en Pumpe.

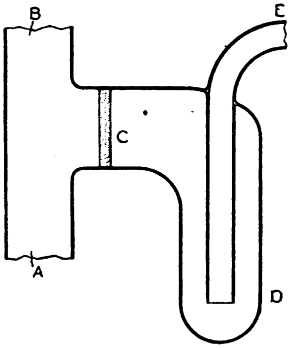


Fig. 3.

Digitized by Google

Forklaringen er denne. Inden for Skillevæggen farer Luftmolekulerne rundt og støder af og til paa denne, men den er jo porøs, og nogle af Molekulerne naar da at komme ud igennem Porerne og ud i den luftfrie Dampstrøm, der river dem bort med sig. Dampmolekulerne opfører sig paa deres Side ligedan, men den Damp, der kommer inden for Skillevæggen, fortættes, saa Damptrykket bliver mættet Damps Tryk ved Badets Temperatur. Bruges Vanddamp og fortættes med flydende Luft, kan der frembringes et saa højt Vakuum, som der fordres til et Røntgenrør. Der er imidlertid det at indvende mod denne Anordning, at den pumper meget langsomt, naar den skal pumpe lige paa Atmosfæretryk.

Vi vil et Øjeblik se paa, hvilke Ting, der er bestemmende for Pumpehastigheden. Det kunde synes rimeligt at vælge store Aabninger i Skillevæggen mellem Dampstraale og Luft; men dette vil kun være tilraadeligt inden for visse Grænser. For at Dampstraalen skal gaa fra *A* til *B*, fordres et Damptryk, der er lidt større end det Tryk,

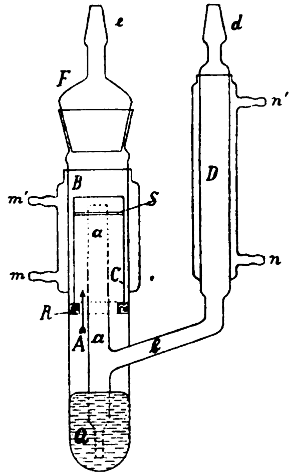


Fig. 4.

Diffusionsvirkningen skal pumpe imod. Vil man nu pumpe op mod et stort Tryk, bliver Middelvejlængden for Dampmolekulerne lille, og under saadanne Forhold vil Dampen, hvis Aabningen er stor i Forhold til Middelvejlængden, gaa ind gennem Aabningerne i en kompakt Straale og ganske forhindre Luftmolekulerne i at komme ud i Damp-

Digitized by Google

straalen. En Beregning af disse Forhold viser, at de gunstigste Pumpebetingelser opnaas, naar Aabningernes Dimensioner netop er af samme Størrelse som Middelvejlængden. Vil vi bruge store Aabninger, maa vi altsaa have et lavt Damptryk, d. v. s. vi maa lade Dampen fordampe under lavt Tryk, vi maa benytte et Forvakuum.

Diffusionspumpen i Gaedes Udførelse har følgende Form (Fig. 4): I Diffusionspumpens Fordampningsrum *A* fordamper Kvægsølvet *Q*, Kvægsølvdampen strømmer i Pilens Retning gennem Rørene *a* og *b*, hvor den køles af Kølevandet, der gaar gennem Svalerøret om *D*. Røret *D* fører til Forpumpen. Det fortættede Kvægsølv løber da tilbage.

Rummet *A* er overdækket med en Staalcylinder, der staar i en Rende fyldt med Kvægsølv. Kvægsølvmolekuler fra Dampstraalen diffunderer nu ud i Rummet *B* gennem Spalten *S* og fortættes af Svalevand der gaar gennem Kølekappen om *B*. Luften fra *B* diffunderer ind i Kvægsølvdampen og udpumper saaledes Recipienten gennem *F*. Med Diffusionspumpen faas med et Forvakuum paa 0,1 mm Vakua paa under $^1/_{100000}$ mm Kvægsølvtryk.

Pumpehastigheden er kun omkring 90 cm^3/sec, og det har ikke vist sig mulig ved Pumpekonstruktioner efter Gaedes Princip at faa den højere op.

L a n g m u i r har imidlertid efter Gaede forstaaet at udnytte Diffusionsprincippet paa en saadan Maade, at der opnaas en overfor Gaedes Pumpehastighed imponerende Værdi, nemlig 4000 cm^3/sec.

Kvægsølvet opvarmes i Beholderen *A* (Fig. 5) og strømmer gennem Røret *HB* ud af Aabningen *P*. Her holdes et lavt Tryk med en Forpumpe, der sættes til ved *N*. *G* er en saakaldt Kvægsølvfælde, hvortil vi senere vil vende tilbage. Molekulerne, der kommer ud af *P*, vil nu ikke gaa ud som en Straale, da der er lavt Tryk uden for, men vil straale ud i alle Retninger fra Aabningen, ligesom Lyset fra en lysende Plade, hvis vi tænker os den anbragt i Stedet for Aabningen *P*.

Omkring Mundingen er anbragt en Køleanordning, og det fortættede Kvægsølv løber tilbage i Beholderen. Men netop det at anbringe Køleindretningen lige om Mundingen er det principielle i denne Konstruktion.

Jeg sagde før, at Molekulerne straalede ud fra *P* som Lyset fra en glødende Plade, nogle af dem vil da træffe Rørvæggen og fortættes; men ingen vil træffe Væggen paa Steder, der ligger højere end Aab-

Digitized by Google

ningen. Der vil saaledes slet ingen Molekuler findes, der er rettede op efter. Luftmolekulerne, der diffunderer ind i Dampen, bliver saaledes, idet de kommer ned i Mellemrummet mellem Rørene, ikke stødt tilbage, men kan uhindret komme ind i Dampen og blive revet med til Forvakuet. Hvis Køleindretningen ikke anbragtes, vilde Rørvæggen hurtig opvarmes, og Kvægsølvmolekulerne kastes tilbage; der vilde da komme Molekuler med Retning op efter og forhindre Luftmolekulerne i at komme ind.

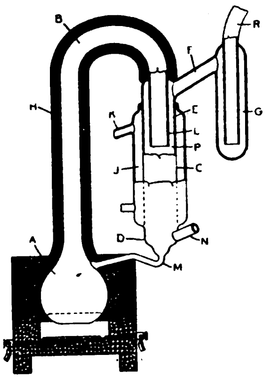


Fig. 5.

Det blev før nævnt, at G var en Kvægsølvfælde; en saadan maa anbringes paa alle Pumper, der indeholder Kvægsølv, hvis man vil holde Kvægsølvdampene ude af sine Apparater; dette sker ved at anbringe flydende Luft om Røret G.

Ved lave Tryk vil Trykket i Apparatet da omtrent blive lig det Partialtryk, en eventuel Luftrest udøver i Pumpen; Forholdet er altsaa ikke saaledes, som man skulde vente, og som ogsaa er rigtigt ved høje Tryk, at det samlede Tryk af de respektive Luftarter paa højre og venstre Side af Fælden er lige store.

Selv om vi med Molekularpumpen kan komme ned paa Trykket 10^{-7}mm Hg, maa man dog ikke tro, at der ikke er flere Molekuler tilbage i hver cm^3, end at de hurtigt kan tælles. I 1 cm^3 findes ved Atmosfæretryk $3 \cdot 10^{19}$ Molekuler. Ved Trykket 10^{-7} mm vil der da endnu være $4 \cdot 10^9$ tilbage i hver cm^3.

Digitized by Google

Om Manometre. Ved Omtalen af Pumperne har jeg nævnt det laveste Tryk, man har opnaaet, uden at komme ind paa, hvordan dette Tryk maales. Maalingen af Tryk paa flere Millimeter Kvægsølvtryk er saa bekendt, at jeg ikke skal komme ind paa det, hvorimod Maalingen af saadanne lave Tryk, som kan opnaas med de nylig omtalte Højvakuumpumper, kan fortjene en nærmere Omtale.

Ved Kvægsølvmanometret foretages Trykmaalinger som bekendt ved Udmaaling af Afstanden mellem 2 Kvægsølvoverflader. Ved direkte Aflæsning kan man ikke godt maale Tryk paa under $^1/_{10}$ mm Kvægsølvtryk; naar Trykket bliver mindre, behøver man dog ikke straks at opgive Kvægsølvmanometret, men kan ved forskellige Kunstgreb maale Tryk endnu længere ned.

Af saadanne Metoder gives adskillige, jeg skal som Eksempel nævne den allernyeste.

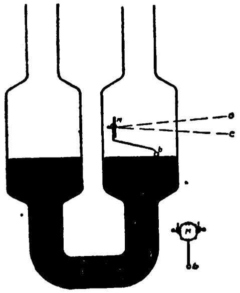


Fig. 6.

Igennem Glasset (Fig. 6) sidder en lille Akse, hvorom en Vægtstang kan dreje sig. Vægtstangens ene Ende er i Forbindelse med en Flyder, der svømmer paa Kvægsølvet; paa den anden Ende sidder et lille Hulspejl, hvori en Traad i en almindelig Glødelampe spejler sig, saa at der dannes et Billede af Traaden paa en Maalestok. Forandrer nu Kvægsølvoverfladen sin Højde, drejes Spejlet lidt, og en lille Vinkelbevægelse af Spejlet kendetegnes ved en meget større Bevægelse af Billedet paa Maalestokken. Dette Manometer kan maale ned til $^1/_{100}$ mm Hg.

Det indtil for faa Aar siden hyppigst brugte Manometer for smaa Tryk, er det saakaldte Mac Leods Kompressionsmanometer. Princippet i dette er følgende. Da det lille Lufttryk er svært at maale, sammenpresser man et bekendt Volumen, afmaalt ved det lille Tryk,

Digitized by Google

til et andet og meget mindre Volumen. Derved stiger Trykket, saa det kan gøres tilgængelig for Maaling; maales endvidere det nye hertil hørende Volumen, er det let ved Mariottes Lov at beregne det søgte Tryk.

Selvfølgelig faar man med dette Manometer kun maalt Trykket af de Luftarter, der følger Mariottes Lov. Er der f. Eks. Fedtdampe i Rummet, hidrørende fra det Fedt, Hanerne er smurt med, vil Trykket af disse Dampe kun vokse proportionalt med Rumfangsformindskelsen, til de har opnaaet deres Maksimaltryk ved den forhaandenværende Temperatur; da dette Tryk er meget ringe i Forhold til den Højdedifferens, der aflæses, vil det ikke influere kendeligt paa Maalingen. Hvad der derimod kan influere, er eventuel Afgivelse af Vanddamp fra Glasset og Variation i Overfladespændingen af Kvægsølvet i Kapillarrøret, saa dette Manometer tildels er bragt i Miskredit som Præcisionsmaaleapparat.

Vi vil da se, om det ikke kan lade sig gøre paa indirekte Maade at maale en eller anden fysisk Størrelse, der afhænger af Trykket paa en bekendt Maade; af saadanne skal jeg her nævne:

1) Varmeledningen,
2) Gnidningen,
3) Radiometerkræfter.

Det Manometer, der grunder sig paa det første Princip, er det saakaldte Varmetraadsmanometer, der første Gang er bragt i Anvendelse af Perani 1906. Dets Teori og Uddannelse til Præcisionsinstrument skyldes Professor Knudsen. Vi vil nu først se lidt paa Varmeledningsfænomenet i fortyndede Luftarter. Lad os igen, som før ved Behandlingen af Teorien for Molekularpumpen, tænke os to Plader A og B (Fig. 1) i et luftfortyndet Rum og med en Afstand mindre end Middelvejlængden. Lad dem have forskellig Temperatur, T_1 og T_2, $T_1 > T_2$.

Den eneste Maade, paa hvilken der kan komme Varme fra A til B, er ved, at Molekulerne, der kommer fra B og rammer A, faar større Hastighed efter at have været i Berøring med den varme Plade, d. v. s. en større Energi, som de har taget fra A; de farer nu hen og rammer den kolde Plade og udveksler Energi med den, saa den faar tilført Varme, og Molekulerne selv mister Hastighed, hvorefter de gaar over til A for at hente en ny Portion. Det er nu klart, at den Varmemængde, en bestemt Slags Molekuler kan overføre fra en cm^2 af A i et Sekund, maa være proportional med $T_1—T_2$ og med det Antal

Digitized by Google

Molekuler, der rammer Fladeenheden pr. Sekund, men dette Antal er proportionalt med Tætheden af Molekulerne og derigennem med Lufttrykket, d. v. s., at den afgivne Varmemængde for en bestemt Luftart og for en bestemt Temperaturdifferens er proportional med Trykket ved disse simple Forhold ved lave Tryk. Ved højere Tryk bliver Varmeledningen, som bekendt, uafhængig af Trykket, men det interesserer os ikke i denne Forbindelse.

Kaldes Varmeafgivelsen pr. cm^2 Q, kan vi altsaa skrive $Q = C\,(T_1 - T_2)\,p$, hvor p er Trykket. C er en Konstant, afhængig ikke alene af Luftarten, men ogsaa af de benyttede Plader og er ikke særlig godt kendt, saa en Maaling af Q kan ikke med tilstrækkelig Nøjagtighed give os p.

Men kan vi blot frembringe en Række bekendte lave Tryk og finde de tilsvarende Q, kan vi tegne os en Kurve, der giver Sammenhængen mellem Q og p, og som kan benyttes ved senere Trykmaalinger.

Vi skal nu se, hvorledes dette udføres i Praksis.

I et Rør er udspændt en meget tynd Platintraad, der er forbundet med Platintraade, indblæst i Glasvæggen i Rørets Ender; denne Traad holdes paa en bestemt Temperatur, ved at der sendes en elektrisk Strøm igennem den; hvorledes vi sikrer os, at Temperaturen er konstant, og ser, hvilken Størrelse den har, skal vi straks se. Røret holdes paa en anden, lavere, konstant Temperatur, f. Eks. ved at sætte det i Is.

Varmeafgivelsen fra Traaden vil under disse Omstændigheder være proportional med Lufttrykket, saa længe Middelvejlængden er større end Traadens Tykkelse.

Traaden anbringes som den ene Gren i en Wheatstones Bro: forud er Traadens Temperaturkoefficient for Modstand maalt, og det beregnes, hvilken Modstand Traaden skal have ved en passende høj Temperatur. De bekendte Modstande i Broen vælges, saa der vil være Ligevægt i denne, naar denne Modstand, d. v. s. den ønskede Temperatur, er naaet. Traaden opvarmes ved selve den Strøm, der sendes gennem Broen, og ved en Reguleringsmodstand indskudt i Række med Batteriet i Hovedkredsløbet indstilles Broen paa Ligevægt, d. v. s. Traaden paa den ønskede Temperatur. Forandres nu Lufttrykket, forandres Varmeafgivelsen fra Traaden, og vi maa forandre Strømstyrken for atter at faa Ligevægt i Broen.

Digitized by Google

Vi frembringer nu en Række bekendte Tryk i Apparatet, disse maales f. Eks. paa et andet Maaleapparat, eller ogsaa frembringes de ved at sætte det fuldstændig udpumpede Apparat, hvis Rumfang maa kendes, i Forbindelse med et mange Gange mindre, bekendt Rumfang, hvori findes en Luftmængde, hvis Tryk er maalt med Kvægsølvmanometer. Det opnaaede Tryk kan da beregnes efter Mariottes Lov.

For hvert Tryk maales den for Ligevægt nødvendige Tilførsel af elektrisk Energi til Traaden. Dette gøres f. Eks. ved at maale Spændingsforskellen mellem Enderne af Manometertraaden for hver ny Indstilling. Vi forskaffer os saaledes let en Justeringstabel for Manometret.

Da Varmeledningen er afhængig af Luftartens Natur, maa vi selvfølgelig justere for hver ny Luftart, vi tager ind.

D e t a n d e t P r i n c i p, der bygges Manometre efter, er, som før sagt, baseret paa vort Kendskab til Gnidningsfænomenerne i stærkt fortyndet Luft, de samme Fænomener, vi betragtede ved Omtalen af Molekularpumpen. Vi vil se lidt paa dem igen.

Vi saa før, at alle Molekuler, der forlod *A* (Fig. 1), der bevæges tilhøjre med en vis Hastighed, foruden deres molekulare Hastighed fik en Hastighed i Pladens Bevægelsesretning. Den Bevægelsesmængde, de har faaet, afleverer de til *B* ved Sammenstød med denne. Den Mængde Bevægelsesmængde, der føres fra hver cm^2 pr. sec., vil for en bestemt Luftart ved konstant Temperatur afhænge af det Antal Molekuler, der rammer denne cm^2 i Sekundet, d. v. s., den vil være proportional med Trykket. Altsaa en Betragtning ganske analog med den, der anvendes ved Varmeledning, hvis der overføres Varmeenergi fra den ene Plade til den anden. *B* vil saaledes blive paavirket af en Kraft til højre proportional med Lufttrykket.

Apparatet, bygget ud fra disse Betragtninger, har Udseende som vist paa Fig. 7.

I Glasbeholderen *B* sidder en tynd Aluminiumskive, gjort fast paa en Akse, der gaar i Lejer, som ses paa Tegningen. Paa Aksen sidder Magnetnaalen *NS*, over *A* er ophængt en tynd Glimmerskive i en Kvartstraad. *M* er et lille Spejl, befæstet til Skiven. *A* kan bringges i Rotation ved et roterende magnetisk Felt, anbragt uden for Glasbeholderen.

Digitized by Google

En simpel Beregning ud fra de Betragtninger, vi lige har gennemgaaet, vil nu vise, at den Drejningskraft, der kommer til at virke paa *C* ved Rotation af *A*, bliver proportional med Trykket i Beholderen og med Omdrejningstallet. Drejningen af Spejlet aflæses paa den før omtalte Metode.

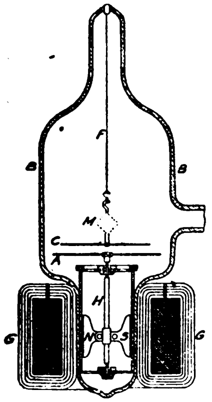


Fig. 7.

Ved et Omdrejningstal paa 1000 pr. Minut er der med dette Apparat maalt Tryk ned til 10^{-7} mm Hg.

Den tredie Metode vi skulde omtale, til Trykbestemmelse grunder sig paa Anvendelsen af de saakaldte Radiometerkræfter, d. v. s. de Kræfter, der virker mellem to Plader af forskellig Temperatur, der i luftfortyndet Rum anbringes overfor hinanden i en Afstand mindre end Middelvejlængden. Paa dette Princip grunder sig Konstruktionen af det »absolutte Manometer«, hvis Teori og Konstruktion skyldes Professor Knudsen.

Vi vil se lidt nærmere paa Aarsagerne til disse Radiometerkræfter.

A og *B* (Fig. 1) er de to Plader med Temperaturen $T + t$ og T, den omgivende Luft har Temperaturen T, mellem Pladerne kan vi sætte Temperaturen til $T + {}^1/_2 t$.

Der vil nu stadig gaa Molekuler fra Mellemrummet mellem Pladerne ud i den omgivende Luft og fra denne ind mellem Pladerne. Naar der er indtraadt Ligevægt efter Pladernes Anbringelse, maa der gaa lige saa mange Molekuler den ene Vej som den anden; men

Digitized by Google

nu er Betingelsen for dette ikke som ved høje Tryk, at Trykket mellem Pladerne p_1 skal være lig Trykket uden for p_2, men at

$$\frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{T + \frac{1}{2}t}{T}}$$

Staar A fast og kan B bevæge sig, vil den blive frastødt fra A med en Kraft $p_1 - p_2$ pr. cm^2.

Vi har nu

$$K = p_1 - p_2 = p_2\left(\frac{p_1}{p_2} - 1\right) = p\left(\sqrt{\frac{T + \frac{1}{2}t}{T}} - 1\right)$$

Kender vi T og t og maaler K kan p findes.

En af de Former, hvori Apparatet bruges, er følgende:

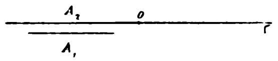


Fig. 8.

A_2 (Fig. 8, der viser Apparatet i vandret Projektion) er en Platinplade, ophængt i en fin Traad O. Paa Forhaand kan det bestemmes, hvor stor en Kraft, der skal til for at dreje den en vis Vinkel, naar Kraften virker i bekendt Afstand fra Omdrejningsaksen. A_1 er et Platinbaand, der kan gives en bekendt Temperatur ved at lade en elektrisk Strøm gaa igennem det. Temperaturen maales ved en Modstandsmaaling som ved Varmetraadsmanometret. Vi maaler nu Temperaturen af A_1, A_2 har Omgivelsernes Temperatur, der ogsaa maales, og endvidere maales Drejningen af A_2 ved Spejlaflæsning; derved har vi, som oven for sagt, K. Og nu findes Trykket efter Formlen oven for.

Dette Manometer har den store Fordel, at det direkte maaler det samlede Tryk uafhængig af, hvilke Molekuler, der støder mod det.

Mac Leods Manometer maalte kun de permanente Luftarter. Varmetraadsmanometret skulde justeres: men for at gøre dette, maa vi først frembringe Trykket 0 og Justeringeu gælder kun for en bestemt Luftart. Urenheder af andre Luftarter maales saaledes ikke ved den Værdi, de skulde. Men her ved det absolutte Manometer maales Trykket direkte, og Trykmaalingen er uafhængig af Muligheden for Tilvejebringelse af et Tryk, der praktisk talt er 0.

Digitized by Google

Vi har nu set, hvilke Midler vi har til Frembringelse og Maaling af smaa Tryk, og efter dette kunde det synes let at frembringe et vilkaarligt lavt Tryk; det har imidlertid sine store Vanskeligheder, ikke saa meget paa Grund af Ufuldkommenheder ved Pumper og Manometre som i den Omstændighed, at Glasset, der jo er det eneste Materiale, der kan anvendes og forarbejdes til Apparater, stadig enten absorberer eller afgiver lidt Luft; men disse Vanskeligheder skal jeg ikke komme nærmere ind paa.

Fysik i Skolen.

Fysik i Folkeskolen,

Af Niels Jul.

Mens Fysikundervisningen i den højere Skole efterhaanden har faaet en god Plads og en udmærket god Form, er Fysikundervisningen i Folkeskolen nærmest i Tilbagegang. Naar man ser, med hvilken Interesse og Dygtighed og under hvilke gode Forhold Naturstudiet ellers drives i vore Dage, og hvor stor Betydning det har, er det mærkeligt at se den Ligegyldighed, hvormed det behandles i den danske Folkeskole af Myndighederne og med enkelte Undtagelser ogsaa af Lærerne. Ørsteds mægtige Indflydelse for Naturlærens Fremme er desværre ikke naaet ud til den offentlige Folkeskole.

Daarligst staar det til paa Landet. Af de 3225 Skoledistrikter opgav (Aar 1911) kun 1752 at have Undervisning i Naturfag, og da »Naturfag« betyder baade Naturhistorie og Fysik, og det første er det almindeligste, er der næppe en Fjerdedel af Landsbyskolerne, hvori der overhovedet undervises i Fysik.

I Byerne er der vel omtrent overalt nogen Undervisning i Fysik, men baade Samlingerne og Undervisningen bærer flere Steder Præg af, at Lærerne ikke magter Opgaven. I en saa betydelig Kommune som Aarhus er det under Overvejelse ved en forestaaende Revision af Undervisningsplanen, at indskrænke (til 1 Time ugl.) det meget beskedne Antal Timer (2), der hidtil har været tildelt Faget.

Digitized by Google

Det er vel forstaaeligt, fordi Fysikundervisning i den ældre Form enten krævede en kostbar Samling, eller var mundtlig, og saa ikke egnede sig for Børn; men efterhaanden har jo Fysik faaet en saadan Form, og dertil har »Fysisk Tidsskrift« bidraget meget, at den grundlægges paa simple Skoleforsøg, der kan udføres, selv om man kun har en ganske billig fysisk Samling, og der er derved tillige vundet det, at Fysik er blevet et langt bedre Middel i Børneopdragelsens Tjeneste. Hvor det drives af dygtige Lærere, er Børnene meget glade for det, og det fortjener i det hele at faa en god Plads i Børneskolen. I det ministerielle Cirkulære af 6. April 1906 fremhæves det med Rette: at »Naturfagene har stor Betydning for Barnets Udvikling, at de uddanner Iagttagelsesevnen, skærper Dømmekraften og indpoder en bevidst Forstaaelse af Sammenhæng mellem Aarsag og Virkning, at de tilfredsstiller dets Trang til at se ret paa og høre noget om den brogede Natur, hvori det lever, og at de beriger Barnet med Kundskaber, der ikke mindst i vore Dage er værdifulde«. Allerede Ørsted fremhævede, at Fysik er et værdifuldt Dannelsesmiddel. Og vi bør og maa have det indført ved Børneundervisningen.

Efter mine Erfaringer at dømme er der ogsaa mangfoldige Lærere paa Landet, der meget gerne vilde tage Fysikundervisningen op, men Forudsætningerne: Samlinger og Lærernes Dygtighed til at bruge dem, mangler. Ministerielle Cirkulærer alene er ikke tilstrækkeligt. Og af det yderst beskedne Beløb, der aarlig bevilges til fysiske Læremidler, kan kun faa Skoler forsynes, og saa nøjes man med at dele Pengene ud, uden at drage Omsorg for, at de kommer til Nytte og god Anvendelse.

Kommer man rundt til Skolerne og ser de faa Fysiksamlinger, der findes, møder der som Regel én et trist Syn af en ruineret og spoleret Samling. Det ene Aar gik der noget i Stykker, det næste Aar mere, og inden længe var det hele ubrugeligt, fordi nogle af de nødvendigste Genstande manglede. En Skolesamling til ca. 200 Kr., hvad der er det nødvendige og nogenlunde tilstrækkelige, kan holdes vedlige for ca. 50 Kr. hvert 3—4 Aar, men uden Midler til dens Vedligeholdelse er den værdiløs inden ret længe. Det er trist at se, at de Penge, som anvendes paa at skaffe Skolerne Fysiksamlinger anvendes saa daarligt.

Folkeskolens andre Fag (Sang, Tegning og Gymnastik), som har særlige metodiske Vanskeligheder at kæmpe med, har Inspektører,

Digitized by Google

der paa mange Maader gennem Kursus og Instruktioner under Besøg i Skolerne hjælper Lærerne i Gang og hjælper til med Raad og Vejledning. Ved Magtbud kan det ikke nytte at ville indføre Fysik i Folkeskolen. Skal det vinde frem, maa det ske ved, at Lærerne bringes til Forstaaelse af, at man ønsker det indført, hjælper dem til at overvinde de Vanskeligheder, som de har at kæmpe med, og bringe dem til at forstaa, at baade Børnene og Lærerne vilde have megen Glæde og stort Udbytte af det. Dertil kunde forstaaende Inspektører gøre meget.

Det er dog ikke nok, at der skaffes gode Samlinger til Skolerne. Lærerne maa kunne bruge dem. Det skulde de have lært paa Seminarierne, men det har de som Regel ikke. Naar en Elev til Lærereksamen faar mg eller ug i Fysik, er det ingenlunde et Udtryk for, at han er meget godt skikket eller udmærket dygtig til at undervise i Fysik. Karakteren udtrykker lige saa lidt som en Karakter til Studentereksamen noget om, hvorledes vedkommende er som Fysiklærer. Selvfølgelig er det nødvendigt, at en Fysiklærer kan noget Fysik selv: men lige saa lidt som en Læge kan operere, fordi han har lært noget om det menneskelige Legeme, men selv maa ind til Operationsbordet og under kyndig Vejledning selv have fat paa Kniven, lige saa lidt kan man undervise i Fysik, blot fordi man selv har lært lidt Fysik. Hvis Fysikundervisning alene bestod i at fortælle og forklare, kunde det vel gaa. Men det gør det netop ikke. Den maa grundlægges paa Forsøg, der lykkes. Men at kunne gøre disse Forsøg er meget forskelligt fra at vide, hvorledes de skal gøres, og hvad man skal lære af dem. Om de lykkes eller mislykkes, beror i meget høj Grad paa, om Læreren gennem Erfaring og Øvelse har faaet det rette Haandelag og lært at iagttage de mange tilsyneladende ubetydelige Smaating, som slet ikke kan læres ved at se andre udføre Forsøgene, og som slet ikke kan omtales i Teorien. Mislykkede Forsøg spilder Tiden, er vildledende og ikke vejledende. At eksperimentere maa Seminaristerne nu lære sig selv, efter at de er kommen ud i Skolerne, og det er ikke let. De fleste opgiver det. I hvert Tilfælde gaar det slemt ud over Skolesamlingerne, der maa tjene som Øvelsesmateriale for de Lærere, der er i Færd med at uddanne sig til Lærere, efter at de har gennemgaaet en Læreruddannelse.

Naturligvis kan man ikke paa en Skole uddanne fuldt færdige Lærere, men man burde kunne hjælpe dem over de egentlige Begyn-

Digitized by Google

dervanskeligheder. Men Pædagogik og Praktik paa Seminarierne gaar nu ikke videre end til at give nogle almindelige Regler. Til en faglig systematisk Øvelse er der aldeles ikke Tid, især da de Fag, og deriblandt Fysik, hvori den er særlig nødvendig, slutter efter 2 Aars Undervisning. Ud over det Stof, der nu læres, burde hver Elev paa Seminariet gennemgaa en Lærebog for Folkeskolen og gøre alle de Forsøg, som hørte dertil. I den Retning vil kun en Ændring af Læreruddannelsen kunne reformere.

Ogsaa i anden Henseende er det gaaet tilbage. Tidligere var der et fast Feriekursus for Lærere i Folkeskolen paa Karise Højskole; det er gaaet ind, og det har ikke været muligt at faa Midler til at genoptage det. Naar man betænker, hvor stor Tilslutning dette Kursus havde, og hvilke særlige Vanskeligheder Lærere i Fysik har at kæmpe med, forstaar man, hvor uretfærdigt det er mod Fysiklærerne, at der ikke er noget Kursus i Fysik for Lærere i Folkeskolen.

Nu forbereder man ved storartede Højtideligheder at fejre Hundredaaret for Ørsted som Grundlægger af Elektrodynamikken, og man haaber derigennem at vise Verden, at han virkelig bør have Æren derfor. Man har herhjemme kunnet harmes over, at Verden ikke fuldt ud har villet anerkende ham, men hvor beskæmmende er det ikke for hans Landsmænd, at de endnu saa langt fra har forstaaet hans anden store Kongstanke, at Naturfagene er et værdifuldt Dannelsesmiddel, og derfor bør Kundskaber om Naturen og dens Love være alles Ejendom, og det kan de kun blive gennem Folkeskolen. Det vilde være en god Maade at fejre Ørsteds Minde paa, om man nu med Interesse og Offervillighed kunde hjælpe Lærerne i deres Vilje til at tage Fysikundervisningen op; og det vilde være en naturlig Opgave for Selskabet for Naturlærens Udbredelse at arbejde for at faa ansat en Fysikinspektør og faa oprettet et Kursus i Fysik for Folkeskolens Lærere, og jeg vilde hermed meget indtrængende opfordre Selskabets Bestyrelse til at tage dette under Overvejelse.

Vordingborg i Aug. 1919.

Digitized by Google

Danske Eksamensopgaver.

1. Del af Skoleembedseksamen i Matematik, Astronomi med praktisk Matematik, Fysik og Kemi. Sommeren 1919.

Fysik I.

1. En Kolbe, hvis Hals er dannet af et Haarrør, er fyldt med Vand, som ved 0^0 C staar op til et Mærke paa Halsen. Ved Opvarmning til $11^0,5$ C viser Vandet sig at staa op til samme Mærke. Find heraf og ved Tabellen S. 212 i »Fysiske Maalemetoder« Beholderens Rumudvidelseskoefficient γ med den Nøjagtighed, som kan naaes ved Tabellens Cifferantal. Hvilken Betydning har Størrelsen af Kolbens Rumfang for Bestemmelsen af γ?

2. En lukket Beholder er helt fyldt med en Vædske. Naar dens Temperatur er 0^0 C, udøver Vædsken 1 Atmosfæres Tryk paa Beholderens Vægge. Idet man lader Temperaturen stige til t^0 C, spørges der om, hvilket Tryk Vædsken da vil udøve. Vædskens og Beholderens Rumudvidelseskoefficienter er givne henholdsvis lig α og β; man har $\alpha > \beta$. Vædskens Kompressionskoefficient er givet lig C, og om Beholderen er det givet, at dens Rumfang vokser med q Procent ved en Forhøjelse lig 1 Atmosfære af det indvendige Tryk. De givne Koefficienter regnes uafhængige af Tryk og Temperatur. Ved Beregningen af det søgte Tryk kan man bortkaste Led, der indeholder 2 af Koefficienterne som Faktorer.

(K. Prytz: Fysiske Maalemetoder, 2. Udg. og Logaritmetabel medtages).

Løsninger.

1. I Tabellen findes Rumfanget af 1 g Vand ved 0^0 til 1,00013 og (ved Interpolation) Rumfanget ved $11^0,5$ til 1,00041. Man har da

$$1{,}00013\,(1 + 11{,}5\gamma) = 1{,}00041. \qquad \gamma = 0{,}000024.$$

Jo større Kolbens Rumfang er, desto nøjagtigere konstaterer man Indstillingen paa Mærket.

2. Beholderens Rumfang ved 0^0 og 1 Atmosfæres indre Tryk kaldes v_0, Rumfanget ved t^0 og det søgte indre Tryk p kaldes v; man har da $v = v_0(1+\alpha t)\,(1 - C(p-1)) = v_0(1+\beta t)\left(1 + \frac{q}{100}(p-1)\right)$.

Med den tilladte Tilnærmelse faas $p = 1 + \dfrac{(\alpha-\beta)\,t}{C + \dfrac{q}{100}}$.

Digitized by Google

Fysik II.

Beregn paa Grundlag af de følgende Iagttagelsesresultater Kulsyrens Absorptionskoefficient i en Opløsning, indeholdende 10 Vægtdele Kogsalt i 100 Vægtdele Vand.

Den forelagte Opløsning bringes ind i en større Beholder. Luften i Beholderen erstattes dernæst med Kulsyre, hvorpaa Beholderen lukkes og rystes, til Opløsningen er mættet med Kulsyre; Temperaturen findes da at være 50°,37 C, medens Trykket er 793,12 mm Kvægsølvtryk.

En Portion paa 250 cm³ af den med Kulsyre mættede Opløsning tages ud af Beholderen; Kulsyren uddrives af denne Portion og føres over i et Maalerør, hvor dens Rumfang findes at være 77,97 cm³ ved en Temperatur paa 22°,30 C, et Tryk paa 753,76 mm og et Indhold af Fugtighed, der er givet ved at Kulsyrerummet i Maalerøret er mættet med Vanddamp.

Der ses bort fra Opløsningens Rumfangsændring ved Absorptionen. De anførte Aflæsninger af Tryk og Temperatur er alle korrigerede.

(Til Prøven medtages C. Christiansen, Lærebog i Fysik, 4. Udgave, samt en Logaritmetabel (5-cifret)).

Løsning.

I Maalerøret er Kulsyrens Tryk 753,76 — 19,99 = 733,77 (Tabellen S. 223), saa at dens reducerede Rumfang er

$$\frac{77{,}97}{1+\frac{22{,}30}{273}}\cdot\frac{733{,}77}{760} = 69{,}593 \text{ cm}^3.$$

Vanddampes Tryk p ved 50°,37 findes ved Hjælp af Antoines Formel (S. 224) til 93,886 mm. Da den relative Damptrykformindskelse for den givne Saltopløsning (Tabellen S. 228) er $\frac{q}{p} = 0{,}064$, findes Damptrykformindskelsen til 6,009 mm og Damptrykket over Saltopløsningen ved 50°,37 til 87,877 mm. Kulsyrens Partialtryk er da 705,24 mm.

Absorptionskoefficienten bliver da

$$\frac{1}{250}\cdot 69{,}593\cdot\frac{760}{705{,}24} = 0{,}3000.$$

Digitized by Google

Anmeldelser.

Th. Sundorph: Lyslære for Gymnasiet. 64 Sider. København 1919, G. B. N. F. Pris indb. Kr. 2,50.

Denne Lyslære er ligesom Overlærer Sundorphs andre Lærebøger for Gymnasiet — Elektricitetslæren undtagen — af mindre Omfang end tilsvarende Bøger her i Landet plejer at være. Dette er opnaaet dels ved Kortfattethed i Fremstillingen og dels ved Forbigaaelse af mange Detaljer og Ting, som er Eleverne bekendt fra Mellemskolens Undervisning.

Bogen er beregnet paa, at i hvert Fald de første Afsnit kan læses paa et tidligt Tidspunkt i Gymnasiet, og disse Afsnit vil ogsaa falde Eleverne lette. I Overensstemmelse med Overlærer Sundorphs hele Maade at tage Fysiken paa er de sædvanlige Tilnærmelsesregninger ved Udledelsen af Formler for største Delen udeladt og erstattet med simple grundlæggende Forsøg. Saaledes udledes f. Eks. Formlen

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{p}$$

paa Grundlag af de to ved Forsøg fundne Fakta, at Samlelinsen samler Straaler, der kommer parallelt med Linsens Akse, i et Brændpunkt, og at der dannes virkelige Billeder af Genstande i passende Afstande fra Linsen. Den tilsvarende Formel for Spredelinsen udledes af et Forsøg, hvor Spredelinsen kombineres med en Samlelinse af samme Glassort og med samme Radier. Hele denne Fremstilling er sikkert at foretrække for den sædvanlige, idet Eleverne gennem Forsøgene stadig har fast Grund under Fødderne. En Ulempe er det, at f. Eks. det uundværlige Udtryk for Linsens Brændvidde ved Brydningsforhold og Krumningsradier kommer til at svæve i Luften.

Afsnittet om optiske Instrumenter er fyldigt og godt behandlet. Det maa paaskønnes, at Begrebet Forstørring er blevet defineret for de forskellige Instrumenter. Mindre fuldstændige er Bemærkningerne om Synsfeltet ved Galilæis Kikkert; men en udtømmende Behandling heraf ligger vist ud over, hvad Eleverne almindeligvis kan magte. En smuk og fyldig Forklaring af Prismekikkerten virker tiltalende.

Afsnittet om Lysets Farvespredning er temmelig kortfattet, og navnlig gaar Bogen let hen over Læren om Akromatisme. Til objektiv

Digitized by Google

Fremstilling af et rent Spektrum anbefales som udmærket et Apparat med en Auerlampe som Lyskilde; en Buelampe med Opstilling som tidligere beskrevet her i Tidsskriftet af Adjunkt Kofoed vil dog vist i enhver Henseende være langt at foretrække og vil for de fleste Skoler være lige saa let tilgængelig. Skolens Projektionsapparat kan ogsaa være til god Nytte ved disse Forsøg. Allersmukkest bliver Forsøgene, hvis man har en Heliostat og kan anvende Sollys.

Forklaringen af Straalegangen ved Luftspejlinger afviger fra den sædvanlige (fuldstændig Tilbagekastning) og bygger paa den Sætning, at Lysets Hastighed er omvendt proportional med Brydningsforholdet.

Bogen ender med en Samling af 27 Opgaver, som foruden Taleksempler indeholder adskillige, der kan tjene til at supplere og uddybe Bogens Tekst.

Som Helhed faar man Indtryk af, at der bag denne Bog ligger et grundigt og selvstændigt Arbejde af en erfaren Fysiklærer. Dens Forsøg kræver ikke kostbare og indviklede Apparater; men derfor stiller den ikke mindre Fordringer til den Lærers Dygtighed, som skal bruge den med fuldt Udbytte.

L. Christiansen.

Max Planck: Das Prinzip der Erhaltung der Energie. Dritte Auflage. 278 Sider. B. G. Teubners Forlag. Leipzig og Berlin 1913. Pris 6 Mk. indb.

Max Planck's snart klassiske Afhandling om Principet om Energiens Bestaaen er nu udkommet i 3die Oplag. Dette nye Oplag er et praktisk talt uforandret Optryk af det oprindelige af Göttinger-Universitetet i 1887 prisbelønnede Skrift; kun enkelte mindre Ændringer er indførte. Bogen giver efter en historisk Fremstilling af Principets Udvikling en nøjagtig Formulering af det og til Slut en Række Anvendelser paa forskellige Omraader: mekaniske, termiske og kemiske samt elektriske og magnetiske.

Anden Udgave af Afhandlingen blev i sin Tid anmeldt her i Tidsskriftet (af N. Bjerrum, Fys. Tidsskr. 7de Aarg. 1908—09, Side 191), og der er derfor ingen Grund til her at gaa nærmere ind paa Indholdet. Bogen kan varmt anbefales enhver, der ønsker en indgaaende klar og eksakt Fremstilling af det for hele Fysiken saa grundlæggende Energiprincip.

A. W. Marke.

Digitized by Google

Professor A. Sommerfelds Besøg i Fysisk Forening.

I Septbr. 1919 havde Fysisk Forening den Glæde at se som sin Gæst Prof. A. Sommerfeld fra München, der d. 22. og d. 23. Septbr. holdt 2 Foredrag med Titlerne: Molekular-, Atom- und Kernmodelle og Über Bandenspektra. Efter det første Foredrag fejredes Prof. Sommerfeld ved en Fest paa Langelinies Pavillon, hvor der blev holdt Taler af Prof. M. Knudsen, Prof. C. Juel og Prof. Johs. Mollerup.

Af det første Foredrag ser »Fysisk Tidsskrift« sig ikke i Stand til at bringe et fuldstændigt Referat; det væsentligste af dets Indhold er taget med i Prof. Sommerfelds nedenfor anmeldte Bog: »Atombau und Spektrallinien«; Afsnittet om Kernemodeller vil blive kort refereret i en anden Forbindelse i et følgende Hefte. Af det andet Foredrag bringer vi nedenfor Prof. Sommerfelds eget Referat af Indledningen*); Resten af Foredraget var væsentlig en Fremstilling af de specielle Resultater, der er vundne ved Anvendelse af de nye Synspunkter paa specielle Baandspektre.

En ensartet Opfattelse af Balmers og Deslandres' Serieled.

Af A. Sommerfeld, München.

I de Foredrag, som jeg havde den Ære at holde i September i Fjor i Fysisk Forening i København, skitserede jeg blandt andet en Teori for Baandspektre, som er opbygget paa det af Bjerrum [1])

*) For dette Referat og for Tilladelsen til at lade det oversætte bringer vi ogsaa her Professor Sommerfeld Redaktionens bedste Tak. Oversættelsen og Anmærkningerne (der er samlede efter Referatet, og hvortil der henvises ved Tal) skyldes H. M. Hansen.

Digitized by Google

og Schwarzschild[2]) givne Grundlag, hvis Rigtighed er bleven bevist for nogle Typer af Baandspektre ved Heurlingers*)[3]) systematiske Maalinger og ved hans Opfattelse især af Baandkanternes Natur. Denne Teori er senere ført videre af W. Lenz**) og udstrakt til Brints og Heliums Baandspektre, hvorved den har vundet væsentligt i Interesse. I mit Foredrag i København kunde jeg allerede støtte mig til Resultaterne af disse Lenz' Undersøgelser. Følgende Bemærkninger dannede Indledningen til dette Foredrag.

Medens det i den oprindelige Kvanteteori var Oscillatoren, der tjente som Model, træder Rotatoren i Forgrunden i den nyere Udvikling, som Bohrs Teori har givet Stødet til. Lad ω være Vinkelhastigheden og I Inertimomentet om Omdrejningsaksen, som vi forudsætter er en Hovedakse, altsaa $I\omega$ Impulsmomentet; Kvantebetingelsen for Rotatoren lyder da:

$$I\omega = \frac{mh}{2\pi}, \quad (m \text{ hel}). \tag{1}$$

Rotatorens kinetiske Energi:

$$E = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{(I\omega)^2}{2I}$$

antager, naar (1) indsættes, Formen:

$$E = \frac{h^2}{8\pi^2 I} m^2. \tag{2}$$

Vi skelner nu mellem to Tilfælde:

a) Inertimomentet har en af Rotationen uafhængig Hovedbestanddel I_0 og forandres kun uvæsentligt ved Rotationen, nemlig med Leddet ΔI_m, der er lille mod I_0 (Ekspl. Jorden og dens Fladtrykning).

b) Inertimomentet opstaar først ved Rotationen og afhænger derfor væsentligt af Kvantetallet m; det forsvinder med forsvindende m. (Ekspl. Centrifugalregulatoren eller Bohrs Brintatom).

---

*) Smlgn. især: Untersuchungen über die Struktur der Bandenspektra, Diss. Lund. 1918; Phys. Zeitschr. **20**, 188, 1919.

) Verh. d. d. Phys. Gesellsch. **21, 632, 1919.

Digitized by Google

I Tilfælde a) skriver vi:

$$I = I_0 + \Delta I_m; \tag{3}$$

i Tilfælde b) for Brintatomet gælder:

$$I = \mu a_m{}^2 = \mu a_1{}^2 m^4; \tag{4}$$

her betyder μ Massen af den roterende Elektron, a_m Radius i den m'te Bohr'ske Cirkelbane $= a_1 m^2$; a_1 er Radius i den inderste Cirkelbane $= \frac{h^2}{4\pi^2 \mu e^2}$.[4])

I Tilfældet a) er Energien efter (3) i det væsentlige udtrykt ved:

$$E = \frac{h^2}{8\pi^2 I_0} m^2,$$

altsaa proportional med m^2. I Tilfælde b) kan en Faktor m^2 bortforkortes paa Grund af (4); Energien bliver da proportional med $\frac{1}{m^2}$, nemlig:

$$E = \frac{h^2}{8\pi^2 \mu a_1{}^2} \cdot \frac{1}{m^2}.$$

Fra Energien kommer man ved Division med h til »Leddet«[5]), d. v. s. til det Bidrag, som Energien i henholdsvis Begyndelses- og Slutningskonfigurationen giver til den spektrale Emission; vi faar: i Tilfælde a) Deslandres' Led paa Formen:

$$Am^2, \quad A = \frac{h}{8\pi^2 I_0}; \tag{5}$$

i Tilfælde b) Balmers Led paa Formen:

$$\frac{N}{m^2}, \quad N = \frac{h}{8\pi^2 \mu a_1{}^2}. \tag{6}$$

Ved Indsættelse af Værdien for a_1 ovenfor ses straks, at dette Udtryk for N er identisk med Bohrs Forklaring af Rydberg-Konstanten:

Digitized by Google

$$N = \frac{2\pi^2 \mu e^4}{h^3}.$$

Hertil maa endnu føjes, at vi her kun har taget Hensyn til Brintrotatorens kinetiske Energi, medens der i Virkeligheden ogsaa skal tages Hensyn til den potentielle Energi. Men da denne er dobbelt saa stor som den kinetiske Energi og negativ, skifter Leddet derved blot Fortegn uden at ændre sin numeriske Værdi. Man kan endvidere bemærke, at den her vundne Form af Balmerleddet ikke blot gælder for den simple cirkulære Rotator, men ogsaa (bortset fra den relativistiske Masseændring) for den elliptiske Rotator, naar Kvantetallet opfattes paa en dertil svarende generaliseret Maade.

Den her givne Sammenstilling indeholder saglig intet nyt over for paa den ene Side Schwarzschilds, paa den anden Side Bohrs grundlæggende Arbejder. Men den viser maaske tydeligere end hidtil kendt, at Deslandres' Led spiller samme Rolle for Baandspektre som Balmers Led for Liniespektre. Deslandres-Leddet er paa samme Maade den simpleste Type for Systemer med et oprindeligt tilstedeværende, af Rotationen væsentlig uafhængigt Inertimoment (et Molekyle), som Balmer-Leddet er Forbilledet for alle Systemer med et Inertimoment, der afhænger væsentlig af Rotationen og først opstaar ved denne (et Atom).

Hvordan man gaar over fra Deslandres-Leddet til Fremstilling af selve Baandspektrene ved at kombinere to Rotationstilstande, skal ikke omtales nærmere her. Men det er vigtigt derved at lægge Mærke til, dels at man til Ændringen i Molekylets Rotationstilstand maa tænke sig knyttet en Ændring i dets indre Konfiguration, dels at man, som allerede Heurlinger har gjort det, maa tage Hensyn til »Udvalgsprincipet« (f. Eks. som Følge af Bohrs Analogiprincip[6])), hvorefter Rotationskvantetallet m kun kan gaa over til Nabotallene $m \pm 1$ eller eventuelt forblive uændret. Endvidere er det vigtigt, at der tages Hensyn til de smaa Ændringer i Inertimomentet, som antydes i (3), og som dels kan tænkes at skyldes den ydre Rotationsændring, dels den indre Konfigurationsændring. Paa denne Maade naar man (se W. Lenz, l. c.) til en kvalitativ og i flere Tilfælde ogsaa kvantitativ Forstaaelse af Baandstrukturerne, og man kan deraf vente lige saa indgaaende og sikre Oplysninger til Udvikling af vort Kendskab til Molekylmodellerne som fra Seriespektrene til Atom-

Digitized by Google

modellerne. Som et særlig interessant Resultat maa fremhæves, at det ad denne Vej har vist sig ved Undersøgelse af Brintens Baandspektrum, at Bohrs Model af H_2-Molekylet ikke kan være rigtig, skønt den blev bekræftet ved Debyes Dispersionsregninger[7]).

Anmærkninger.

[1]) Sml. N. Bjerrum: Nyere Undersøgelser over Atomernes Bevægelser med særligt Henblik paa Kvantehypotesen. Fys. Tidsskr. *14*, S. 49, 1915—16. Bjerrum forklarede (1912) som den første Strukturen af visse ultrarøde Absorptionsbaand ved at tage Hensyn til den Indflydelse, som det absorberende Molekyles Rotation har paa Periodetallet (Bølgebredden) af de Svingninger, der udføres i Molekylet. Er Periodetallet for Svingningerne ν_s, for Rotationen ν_r, vil det paa Grund af Svingningerne udsendte Lys ikke have Periodetallet ν_s, men $\nu_s \pm \nu_r$, og altsaa vil det af Svingningerne fremkaldte Absorptionsbaand blive dobbelt som Følge af Rotationen. Imidlertid viste det sig ved nærmere Undersøgelse af ultrarøde Absorptionsbaand, at de Dobbeltbaand, som de rigtigt viste sig at bestaa af, havde en indviklet Finstruktur, idet hver af Komponenterne i Dobbeltbaandet havde en hel Række Maxima. Heraf drog Bjerrum da den Slutning, at Molekylerne roterer fortrinsvis med visse bestemte Frekvenser, saa at Rotationsenergien optræder i Kvanter; Energidifferenserne mellem de foretrukne Rotationsfrekvenser viste sig netop at være et helt Antal Planck'ske Kvanter. Bjerrums Forklaring af de ultrarøde Baands Struktur er en af de smukkeste tidlige Anvendelser af og Støtter for Kvanteteorien.

[2]) Schwarzschild (Berl. Ber. 1916, S. 548) har vist, at Deslandres' Formel for Baandspektre ligeledes kan forklares ved Indflydelsen af saadanne Molekylrotationer. Deslandres' Formel (1886) fremstiller som bekendt for et stort Antal Baandspektre med betydelig Tilnærmelse Svingningstallene for de enkelte Linier i et Baand. Den skrives paa flere Former, saaledes paa Formen $\nu = c + Am^2$; ν er Svingningstallet, c og A Konstanter, m gennemløber Rækken af de hele Tal, saa at hver enkelt Linie i Baandet svarer til sin Værdi af m. Schwarzschild betragter et simpelt bygget Molekyle, der roterer med en Rotationsenergi bestemt ved et helt Antal m Kvanter; han viser da, at man kommer til den anførte Form

Digitized by Google

af Deslandres' Formel, naar man antager, at Emissionen af et Baand kommer i Stand ved, at Molekylet under Overgang fra en »stationær« Tilstand til en anden udstraaler Energimængden $h\nu_0$ og samtidig ændrer sin Rotationsenergi med et eller flere Kvanter fra m til m' Kvanter. Han finder $\nu = \nu_0 + \frac{h}{8\pi^2 I}(m^2 - m'^2)$; h er Plancks Konstant, I Molekylets Inertimoment. Hvert bestemte Baand svarer altsaa til sin bestemte Overgang mellem to stationære Tilstande af Molekylet, idet denne Overgang bestemmer ν_0; det store Antal Enkeltlinier i Baandet fremkommer da ved Rotationens Indflydelse paa denne Overgang.

Ved mindre specielle Antagelser angaaende Molekylets Bygning faar man ogsaa et Led af 1. Potens i m med i Deslandres Formel, hvilket Erfaringen i de fleste Tilfælde kræver. Denne Schwarzschilds Opfattelse af Baandenes Opstaaen kan dog næppe være helt rigtig. Ved Variation af m faas en mod violet forløbende Deslandres-Serie, ved Variation af m' en mod rødt forløbende. Da i de virkelige Baand kun enten m eller m' varierer, men man hyppigt har 100 eller flere Enkeltlinier i Baandet, skulde altsaa alle disse ca. hundrede forskellige Rotationstilstande gaa over til en eneste, hvilket næppe er meget sandsynligt.

[3]) Heurlinger (i Lund) har i 1916 bragt et meget betydeligt Fremskridt i Forstaaelsen af Baandspektrene. Han sætter, da Svingningstallet af det ved en Overgang udsendte Lys i hvert Fald maa afhænge af Molekylets samtidige Rotation, $\nu = F(\omega)$, hvor ω er Vinkelhastigheden for Molekylerotationen. Antages, at Funktionen F kan udvikles i en Potensrække af Formen $\nu = \nu_0 + c_1\omega + c_2\omega^2 + \ldots$, og antages videre i Analogi med Bjerrum kun bestemte Vinkelhastigheder mulige, f. Eks. svarende til et helt Antal m Kvanter, faas $\nu = \nu_0 + C_1 m + C_2 m^2$ (C_1 og C_2 er Konstanter), hvilket er en Form af Deslandres' Formel, der giver udmærket Overensstemmelse med Erfaringen for bestemte Baandtypers Vedkommende. Et saadant Baand har for m lig et helt Tal nær $-\frac{C_1}{2C_2}$ en Kant, fra hvilket tilsyneladende to Serier af Enkeltlinier i Baandet udgaar til samme Side i Spektret; men disse to Serier er i Virkeligheden en og samme Serie, der blot »vender« ved Kanten, saa at Kanten ikke i nogen Henseende er udmærket fremfor de andre Enkeltlinier i Baandet. Man kan derfor heller ikke vente

Digitized by Google

simple Love for Baandkanternes Beliggenhed i Spektret, hvilket i Reglen tidligere har været søgt; man maa søge Love for Beliggenheden af den til Ordenstallet $m = 0$, altsaa $\nu = \nu_0$ svarende Nullinie i hvert Baand; denne udmærker sig ogsaa i Intensitet for de andre Linier, idet den hyppigst er den svageste, saa at Intensitetsforløbet ligner det i et ultrarødt Bjerrum-Baand, blot at noget af det ene Halvbaand saa at sige er bøjet om og lagt ind mellem Resten af Baandet. Heurlinger har senere (l. c.) ført sin Teori videre og samtidig prøvet den paa et stort Antal Baand af forskellige mere indviklede Typer, som han og hans Medarbejdere i Lund har undersøgt.

[4]) Sml. N. Bohr: Om Brintspektret. Fys. Tidsskr. *12*, S. 97, 1913—14.

[5]) Balmers velkendte Formel for Svingningstallet af Linierne i Brintens Seriespektrum lyder:

$$\nu = N\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right),$$

hvor N er den saakaldte Rydbergs Konstant og n_1 og n_2 to hele Tal. Sættes $n_1 = 2$ og n_2 lig Rækken af de hele Tal fra 3 opefter, faas Linierne i det almindelige (synlige) Brintspektrum, altsaa den oprindelige Balmer-Formel. Sættes $n_1 = 3$, faas paa samme Maade ved at lade n_2 gennemløbe Rækken af de hele Tal en Serie i det ultrarøde (opdaget af Paschen), og sættes $n_1 = 1$, faas en Serie i det yderste ultraviolette (opdaget af Lyman). Bohr har som bekendt (l. c.) forklaret Balmers Formel ved at antage, at enhver Linie udsendes under Atomets Overgang fra én stationær Tilstand med Energien $E_2 = -\frac{Nh}{n_2^2}$ til en anden stationær Tilstand med Energien $E_1 = -\frac{Nh}{n_1^2}$; den herved udstraalede Energimængde $E_2 - E_1$ udsendes med et Svingningstal ν bestemt af $h\nu = E_2 - E_1$. Det enkelte »Led« i Balmers Formel er altsaa $\frac{1}{h}$ af Energien i en af de Konfigurationer i Atomet (de stationære Tilstande), hvorimellem Overgangen finder Sted. (Bohr viste endvidere at $N = \frac{2\pi^2\mu e^4}{h^3}$, der naar Værdierne af μ, e og h indsættes stemmer nøje med den fra Spektralanalysen fundne Værdi af N). Paa lignende Maade bliver Leddet i den simpleste Deslandres' Formel $\frac{h}{8\pi^2 I} m^2$.

Digitized by Google

[6]) Angaaende Analogiprincipet maa henvises til en Artikel af N. Bohr i et følgende Hefte af Fysisk Tidsskrift.

[7]) Den Model af H_2-Molekylet, der her sigtes til, har Bohr ogsaa opgivet. Det er dog endnu ikke lykkedes at bestemme en anden sandsynligere Model. — Brintens Baandspektrum (»Vielliniensspektrum«), der omtales her, har ikke altid været erkendt som et Baandspektrum. Jo mindre det roterende Molekyles Inertimoment er, des hurtigere roterer det med en bestemt Rotationsenergi, og des længere bliver derfor Afstanden mellem Enkeltlinierne i Baandet. For Brintens Vedkommende med det meget lille Inertimoment bliver Afstanden saa stor, at de forskellige Baand griber stærkt ind i hverandre; derved forstaar man Vanskeligheden ved at erkende det som et Baandspektrum.

Einsteins almindelige Relativitetsprincip*).

Af H. M. Hansen.

I det følgende skal søges givet en elementær Fremstilling af Einsteins almindelige Relativitetsprincip, som har vakt saa overordentlig Opsigt, især efter at en af dets mærkeligste Konsekvenser har kunnet prøves under en total Solformørkelse i 1919 og viste sig at være overensstemmende med Virkeligheden. Til Forstaaelse af dette almindelige Relativitetsprincip, der fik sin endelige Form i 1915, kræves imidlertid et vist Kendskab til dets Forgænger, Einsteins første eller, som det nu kaldes, specielle Relativitetsprincip fra 1905, men Pladsen tillader her kun en ganske kort Omtale af dette, der oftere har været behandlet i Fysisk Tidsskrift**).

Den mekaniske Fysiks Relativitetsprincip. Det Problem, der gav Anledning til Opstilling af det specielle Relativitetsprincip, er Spørgsmaalet, om man kan konstatere en absolut Hastig-

*) Efter et Foredrag holdt i Dansk Ingeniørforening Onsdag den 21. Januar 1920 (for de første Afsnits Vedkommende stærkt forkortet).

) Fys. Tidsskrift **10, S. 251, 1911—12 (H. M. Hansen). **12**, S. 242, 1913—14 (P. Ehrenfest). **14**, S. 1, 1915-16 (K. Kroman). **15**, S. 1, 1916—17 (Helge Holst). **15**, S. 18, 1916—17 (H. M. Hansen). **15**, S. 165. 1916—17 (Helge Holst). **15**, S. 192, 1916—17 (K. Kroman).

Digitized by Google

hed. Som bekendt er dette ikke muligt inden for den Del af Fysiken, der kan opbygges paa Newtons 3 Bevægelsesprinciper, altsaa i den mekaniske Fysik i videste Forstand, idet Udtrykkene for de 3 Love bliver uforandrede, naar man fra et Koordinatsystem, hvori de er gyldige, gaar over til et andet, der bevæger sig jævnt og retliniet i Forhold dertil. Dette betyder, at Iagttagere i de to Systemer gør ganske ens mekaniske Erfaringer; enhver Bevægelse og i det hele taget ethvert Fænomen, der er bestemt af de 3 Newtonske Love, forløber paa nøjagtig samme Maade i de to Systemer. Men naar det saaledes er umuligt ved Studium af Bevægelser i Forhold til et vist Koordinatsystem at faa noget at vide om dette Koordinatsystems absolutte Hastighed, kan man heller ikke forbinde nogen Mening med inden for den mekaniske Fysik at tale om absolut Hastighed. Den mekaniske Fysik har altsaa siden Newton besiddet et, ganske vist i Reglen ikke direkte udtalt Relativitetsprincip eller en Relativitetssætning, der foreløbig kan formuleres saaledes: Alle Systemer, der bevæger sig i Forhold til hinanden med jævn Hastighed, er lige gode og lige berettigede til Beskrivelse af de mekaniske Fænomener.

Herved har der endnu ikke været Tale om accelererede Bevægelser. En accelereret Bevægelse, f. Eks. en Rotation, er tilsyneladende let nok at paavise, d. v. s. adskille fra en ikke accelereret. Saaledes konstaterer vi Jordens Rotation ved Foucault's Pendulforsøg, ved faldende Legemers Afvigelse mod Øst osv., ligesom Jordens Fladtrykning, Passater og Cykloner er Vidnesbyrd om den. I et accelereret Koordinatsystem gælder altsaa Newtons Mekanik ikke, med mindre der indføres fiktive Kræfter, Træghedskræfterne, specielt for Rotation Centrifugalkræfterne. De ligeberettigede Systemer, der er Tale om i Mekanikens Relativitetssætning, maa derfor være i k k e a c c e l e r e r e d e Systemer, Systemer hvori Inertisætningen gælder; man kalder dem I n e r t i a l s y s t e m e r eller Galilei-Systemer. Mekanikens Relativitetssætning bør da formuleres saaledes: Alle Inertialsystemer er i mekanisk Henseende ligeberettigede.

Et Koordinasystem, der hviler her paa Jorden, er strengt taget ikke et Inertialsystem, da Inertisætningen her kun gælder med Tilnærmelse paa Grund af Jordens Rotation. En meget bedre Tilnærmelse til et Inertialsystem er et Koordinatsystem knyttet til Solsystemets Tyngdepunkt, men ogsaa her er der dog kun Tale om en Tilnærmelse, da Solsystemet ikke kan betragtes som fuldstændig overladt til sig selv;

Digitized by Google

i Tidens Løb kommer det paa Grund af den relative Bevægelse i Forhold til Fiksstjernerne til Egne med et andet Gravitationspotential, saa at Tyngdepunktets Bevægelse ikke nøjagtig følger Inertiens Lov, men maa have en vis omend meget lille Acceleration.

Det specielle Relativitetsprincip. Det voksende Kendskab til Elektricitetslæren og Optiken gjorde det stadig klarere, at Newtons Mekanik ikke var et tilstrækkeligt Grundlag til Behandling ogsaa af de elektriske og optiske Fænomener. Man maatte tage Hensyn til et nyt Medium, Æteren, hvorigennem de elektriske og magnetiske Virkninger forplantede sig, og det laa da nær at antage, at der derved alligevel var givet en Mulighed for at definere absolut Hvile og bestemme en Hastighed absolut, nemlig i Forhold til Æteren, eller som det ogsaa kan udtrykkes, en Mulighed for at udmærke et Inertialsystem, det i Æteren hvilende, frem for de andre. Den paa Forhaand usandsynlige Antagelse, at Æteren skulde følge med Jorden, vilde, naar Aberrationen skulde forklares, føre til urimelige Egenskaber hos Æteren. Imidlertid er dog alle Forsøg paa at paavise den »Ætervind«, som efter denne Opfattelse skulde blæse overalt paa Jorden, som bekendt strandede, og medens dette forklaredes af H. A. Lorentz ud fra Elektronteorien for de Forsøg, hvor der er Tale om en Virkning proportional med 1. Potens af Jordens (Ætervindens) Hastighed, kræves der nye Hypoteser for at forklare det negative Resultat af Michelson-Forsøget og de andre Forsøg paa at paavise Virkninger proportionale med 2. Potens af Jordens Hastighed. Saadanne nye Hypoteser opstillede Lorentz i 1904, medens Einstein i 1905 søgte Løsningen ad en ganske anden Vej, hvorved han indførte et nyt overmaade frugtbart Arbejdsprincip i Fysiken. Han var som Lorentz overbevist om, at det ikke var tilfældigt, at ogsaa alle de nævnte Forsøg af 2. Orden havde givet negativt Resultat, men fremfor gradvis at ændre de hidtidige Teorier, indtil de kunde føre til, at det er umuligt at paavise en absolut Bevægelse, gik han ud fra dette som et Princip eller Postulat og søgte at drage alle Konsekvenser deraf for gennem disses Prøve ved Erfaringen at faa afgjort, om Udgangsprincipet var rigtigt.

Einstein opstillede da følgende Relativitetspostulat: Naturlovene er ens i alle Inertialsystemer, der bevæger sig jævnt retlinet i Forhold til hverandre. Dette Postulat, der nu kaldes det specielle Relativitetsprincip, er altsaa en Udvidelse af Mekanikens Relativitetssætning, en Paastand om at lige saa

Digitized by Google

lidt som Mekaniken gjorde det, giver Resten af Fysiken os Midler i Hænde til mellem de Koordinatsystemer, hvori der gælder simple fysiske Love, at udmærke et System frem for de andre, saaledes at det kan bruges til at definere absolut Hvile og Bevægelse.

For at finde de Transformationsligninger, ved hvilke man gaar over fra et af disse ligeberettigede Koordinatsystemer til et andet, d. v. s. fra Kendskab til Forløbet af et fysisk Fænomen i et System A slutter sig til dets Forløb i et andet System B, der bevæger sig med den jævne Hastighed v i Forhold til det første, benytter Einstein Resultatet af Michelson-Forsøget, nemlig at Lysets Hastighed i et System, der er knyttet til Jorden, er lige stor i alle Retninger ($= c$). Relativitetsprincipet kræver, at det samme skal være Tilfældet i alle Systemer, der bevæger sig jævnt og retlinet i Forhold til dette System. I Valget netop af Lysets Forplantning til Udledelsen af Transformationsligningerne ligger ingen Vilkaarlighed; principielt kunde ethvert Fænomen bruges, naar det kendes tilstrækkelig nøjagtigt, d. v. s. at de Ændringer, Fænomenet undergaar, naar det iagttages fra Systemet B i Stedet for fra Systemet A, skal kendes med en Nøjagtighed af samme Størrelsesorden som de Ændringer, Relativitetsprincipet kræver i de fleste Naturlove; disse Ændringer er af Størrelsesordenen $\left(\frac{v}{c}\right)^2$, netop den Nøjagtighed, hvormed Michelson har vist, at Lysets Hastighed er ens i alle Retninger, og intet andet simpelt fysisk Fænomen kendes med samme Nøjagtighed. End ikke den Nøjagtighed, hvormed Newtons Bevægelseslove og Tiltrækningsloven er bekræftet ved Astronomiens Resultater, naar saa højt op, skønt man vel tidligere har været tilbøjelig til at mene, at Lovenes absolutte Rigtighed var godtgjort derved. Den praktiske Astronomi kan derfor intet indvende mod de Ændringer i Bevægelseslovene, som det specielle Relativitetsprincip medfører. Det eneste Tilfælde (Merkurs Perihelbevægelse), hvor en Afvigelse fra Newtons Love har kunnet konstateres, omtales nedenfor.

Det vil være overflødigt at gaa nærmere ind paa Transformationens matematiske Form (Lorentz-Transformationen); den fører til de kendte Resultater angaaende Længde- og Tidsopfattelsen i bevægede Koordinatsystemer. Saaledes vil enhver Stang, som i et af Systemerne A eller B ligger parallel med den relative Bevægelsesretning, og som i det System, hvori den hviler, maales at have Længden l, maalt fra det andet System (altsaa maalt af en ikke medbevæget Iagttager) synes

Digitized by Google

forkortet til $l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, medens dens Længde maales ens i begge Systemer, naar den ligger vinkelret paa Bevægelsesretningen. Et Legeme, der hviler i B og dér findes at have Kugleform, vil altsaa set fra A synes at være en i Bevægelsesretningen fladtrykt Rotationsellipsoide, men en lignende Kugle, der hviler i A, vil set fra B synes at være ganske den samme fladtrykte Rotationsellipsoide.

Dernæst vil ethvert Ur, der hviler i et af Systemerne, set fra det andet System synes at gaa langsommere ($1:\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ Gange langsommere) end de i dette andet System hvilende Ure, saa at enhver Iagttager vil finde, at Tidsenheden i et System, der bevæger sig i Forhold til ham, er større end i hans eget for ham hvilende System. Endelig finder enhver Iagttager, at Urene i det i Forhold til ham bevægede System viser Stedtid, saa at to Begivenheder, som efter hans eget Systems Ure indtræffer samtidigt paa to forskellige Steder, ikke vil indtræffe samtidigt efter det bevægede Systems Ure og altsaa ikke vil anses for samtidige af Iagttagere i det bevægede System.

Kravet om, at Fysikens Love skal være invariante over for Lorentz-Transformationen, har medført en Række vigtige og mærkelige Resultater, hvoraf for det følgendes Skyld to Eksempler maa omtales. Det første angaar Massen af et bevæget Legeme. En ikke medbevæget Iagttager vil finde, at det bevægede Legemes Masse ikke er konstant, men vokser med voksende Hastighed. Hvis Legemets Masse, naar det hviler, er m, og hvis det bevæger sig med Hastigheden v, saa er den træge Masse, som kommer i Betragtning ved en Ændring af denne Hastigheds S t ø r r e l s e, den longitudinale Masse $m_l = \frac{m}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$ medens Massen over for en blot R e t n i n g s f o r a n d r i n g af Hastigheden, den transversale Masse $m_t = \frac{m}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}$. Disse Resultater er bleven nøje bekræftet ved Bestemmelse af Massen af de hurtigt bevægede Elektroner, man har i β-Partiklerne fra de radioaktive Stoffer.

Det andet Punkt, der skal omtales, er Energiens Masse. Udtryk-

Digitized by Google

ket for et Legemes Energi i Relativitetsteorien er $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, der udviklet i Række giver $E = mc^2 + \frac{1}{2} mv^2 + \frac{3}{8} m \frac{v^4}{c^2} + \cdots$ Det andet Led $\frac{1}{2} mv^2$ er det almindelige Udtryk for den kinetiske Energi, der altsaa efter Relativitetsteorien for store Hastigheder maa suppleres med de følgende Led. Det første Led mc^2, der er uafhængigt af v, maa være Legemets Energiindhold, naar det hviler. Forøges dette f. Eks. ved Opvarmning, maa altsaa m vokse, da c er konstant. Men paa Grund af c's meget store Værdi bliver Masseændringen ved almindelige Energiændringer meget lille. Den Energimængde, som ethvert Legeme efter dette indeholder, og som alene afhænger af Legemets Masse, er overordentlig stor; for 1 g bliver det saaledes $5 \cdot 10^{12}$ kgm; lidt af denne uhyre Energimængde er det, der frigøres ved de radioaktive Processer. Lovene om Massens og om Energiens Konstans smelter altsaa sammen til én Lov, da al Energi har Masse, og enhver Masse er Energi.

Lorentz anskueliggør, at Energi kan have træg Masse, ved at betragte nogle simple Eksempler. Vi tænker os først, at vi vil give en Beholder, der indeholder Luft, Acceleration f. Eks. fra venstre til højre. Dersom Beholderen var lufttom, vilde der dertil kræves en vis Kraft bestemt af den tomme Beholders træge Masse. Men hvorledes gaar det nu til, at der kræves en større Kraft, saa at man altsaa mærker en større Masse, naar Beholderen indeholder Luft? Det ligger i, at medens Luftmolekylernes Stød paa de modsatte Vægge er lige stærke, naar Beholderen hviler eller har jævn Hastighed, bliver Stødene i den accelererede Beholder lidt stærkere paa den venstre Væg end paa den højre, thi det stødende Molekyle har nu ikke forud faaet meddelt den Hastighed, Væggen har i Stødøjeblikket, men kun den Hastighed, som Beholderen havde, da Molekylet sidst stødte mod en Væg. Heri er der endnu intet nyt. Men varmes Kassen op, saa at Luftmolekylernes Energi forøges, skal efter Einstein ogsaa Massen blive større; det vil man imidlertid ogsaa finde, naar Stødene ikke behandles efter den klassiske Mekanik, men efter Relativitetsmekaniken. Og indeholder Kassen Straaling i Stedet for Luft, altsaa Energi, som man ikke hidtil har tilskrevet Masse, faas dens Masse frem paa lignende Maade, idet Straaling som bekendt udøver et Tryk

Digitized by Google

paa enhver Væg, den rammer, og dette Tryk efter Relativitetsteorien ogsaa vil findes større paa den venstre Væg end paa den højre.

Udover disse Eksempler kan vi ikke her gaa nærmere ind paa det specielle Relativitetsprincips Resultater. Paa de faa Punkter, hvor de hidtil har kunnet prøves ved Erfaringen, er de bleven bekræftet, og det er sikkert i Øjeblikket den almindelige Opfattelse, at det som fysisk Teori, saaledes som det ovenfor blev formuleret, har fuld Gyldighed. Angaaende det erkendelsesteoretiske Indhold, der af mange af dets Tilhængere lægges i det, hersker der derimod langtfra Enighed, men herom vil det være tilstrækkeligt at henvise til den følgende Artikel af Hr. Helge Holst. Endnu maa vi dog, før vi kan gaa over til det almindelige Relativitetsprincip, omtale den overordentlige Simplificering af alle Relativitetsteoriens Regninger, som Minkowski har opnaaet ved at opfatte Tiden som en fjerde Koordinat ganske sidestillet med de 3 Rumkoordinater. Naar han siger, at vi lever i en 4-dimensional Rum-Tidsmangfoldighed, er det kun Udtryk for den Kendsgerning, at ingen kan iagttage et Tidspunkt uden paa et bestemt Sted eller et Sted uden til et bestemt Tidspunkt; man behøver ikke at lægge et revolutionerende erkendelsesteoretisk Indhold deri. Men den matematiske Simplificering, som det betyder, har været af den allerstørste Betydning især for Udviklingen af det almindelige Relativitetsprincip. Et Punkt med Koordinaterne x, y, z og t i den 4-dimensionale Mangfoldighed betyder en Begivenhed, en i Punktet (x, y, z) til Tiden t stedfindende Begivenhed; Minkowski kalder det et Verdenspunkt. Kender man en Partikels Bane, altsaa dens Koordinater x, y og z som Funktioner af t, bestemmer disse 3 Ligninger en Kurve i den 4-dimensionale Mangfoldighed, Partiklens Verdenslinie, der for jævn Bevægelse bliver en ret Linie. Et Par Eksempler vil oplyse om Nytten af denne Betragtningsmaade. Vi betragter foreløbig en Partikel bundet til en Plan, saa at dens Plads er bestemt ved to Rumkoordinater x og y; vi har da den tredie Koordinatakse disponibel til t-Akse. Ligger Partiklen stille i Punktet (x, y), bliver dens Verdenslinie en ret Linie parallel med t-Aksen, idet den for alle Værdier af t har Koordinaterne x og y. Udfører Partiklen en jævn retlinet Bevægelse i xy-Planen, bliver dens Verdenslinie en vilkaarlig anden ret Linie, hvis Hældning mod t-Aksen bestemmer Hastigheden. En Partikel, der udfører en Cirkelbevægelse i Planen, afbildes ved en Skruelinie, en Partikel, der udfører en lineær

Digitized by Google

harmonisk Svingning i Planen, afbildes ved en Sinuskurve o. s. v. Denne Fremstilling giver altsaa meget mere end en simpel Banefremstilling, den afbilder Bevægelsen helt, saa at man direkte ser, hvor Partiklen er til enhver Tid, kan finde dens Hastighed ved Tangentens Retning o. s. v. Den sædvanlige Banefremstilling udtrykker kun en enkelt Side ved Bevægelsen, dens »Projektion« paa xy-Planen. Gaar vi nu over til almindelig rumlig Bevægelse, kan vi naturligvis ikke mere tegne, da det er umuligt at anskue 4 Dimensioner, men det volder ingen Vanskeligheder at regne med dem, saa at Forholdet iøvrigt er ganske analogt.

Det er dog mere praktisk ikke at bruge selve Tiden t som 4. Kordinat, men den dermed proportionale Størrelse $u = \sqrt{-1}\, ct$. Lorentztransformationen byggede paa Lyshastighedens Konstans, saa at man for to Koordinatsystemer, der bevæger sig jævnt i Forhold til hinanden, skal have $x^2 + y^2 + z^2 - c^2t^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 - c'^2t'^2$. Da Transformationsligningerne skal være lineære, maa vi ogsaa have, at $dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2dt^2$ skal være invariant ved Transformationen. Indføres her u i Stedet for t, faas at $dx^2 + dy^2 + dz^2 + du^2$ skal være invariant, og dette Udtryk har samme Form som det almindelige 3-dimensionale Længdeelements Kvadrat. Derfor indfører Minkowski dette Udtryk som Kvadratet paa Længdeelementet i den 4-dimensionale Mangfoldighed.

D e t a l m i n d e l i g e R e l a t i v i t e t s p r i n c i p. Det specielle Relativitetsprincip kræver, som foran berørt, en Ændring af Newtons Mekanik, hvis Udtryk ikke er invariante over for Lorentz-Transformationen; dermed omstødes ogsaa Mekanikens Relativitetssætning, men det, der sættes i Stedet derfor, betyder kun en Udvidelse ud over hele Fysiken af den Relativitetssætning, som Newtons Mekanik havde ført til for den Del af Fysiken, som den mentes at omfatte. De Koordinatsystemer, som efter begge Relativitetssætningerne er ligestillede, naar de bevæger sig jævnt retlinet i Forhold til hverandre, er Inertialsystemer, altsaa ikke accelererede Systemer, f. Eks. roterende. I et roterende Legeme optræder Centrifugalkræfter, som efter Newtons Opfattelse tillader at fastslaa Rotationen absolut, at adskille den fra Ikke-Rotation, saa at der i Newtons Mekanik alligevel optræder en Art absolut Rum, hvori man vel ikke kan tale om faste Punkter, der kunde bruges til Definition af absolut Hvile og Translation, men derimod om faste Retninger, der kan definere absolut Ro-

Digitized by Google

tation. At dette Grundlag, hvorpaa Mekaniken hidtil har været opbygget, er ganske uforstaaeligt og utilfredsstillende, er især bleven fremhævet af den bekendte Fysiker og Filosof Mach. Hans Indvendinger belyses af Einstein ved følgende Eksempel.

Vi tænker os to ensartede flydende Legemer, to Kloder, S_1 og S_2, saa langt fra hinanden og fra alle andre Legemer i Verden, at den gensidige Tiltrækning ingen Betydning har. Hver af dem roterer i Forhold til den anden med konstant Vinkelhastighed i modsat Retning om deres Forbindelseslinie. Beboerne af de to Kloder finder nu ved Udmaaling, at S_1 er en Kugle og S_2 en fladtrykt Rotationsellipsoide. Spørger man, hvorledes denne Forskel skal forklares, vil Newtons Mekanik sige: S_1 hviler, men S_2 roterer i Forhold til det absolutte eller »berettigede« Rum. Men denne Forklaring, der ikke fører Forskellen mellem S_1 og S_2 tilbage til noget iagttageligt som Aarsag, men indfører Bevægelser i Forhold til det absolutte Rum som fingeret Aarsag, er ikke tilfredsstillende. Da der ikke i S_1 og S_2 kan ses nogen Grund til den fundne Forskel, maa en tilfredsstillende Forklaring søge Aarsagen uden for Systemet i de fjerne Masser og deres Bevægelser i Forhold til S_1 og S_2; de Newtonske Bevægelseslove kan da kun være en Tilnærmelse til de virkelige Bevægelseslove, der maa være saadan beskafne, at det dog ikke har været tilladeligt at se bort fra disse fjerne Masser. Konsekvensen af et saadant Standpunkt er, at inden for Fysiken maa enhver Tale om et absolut Rum udmærket frem for andre ophøre, saa at man maa prøve paa at udvide Relativitetsfordringen, maa undersøge, om Fysikens Love ikke skulde være saaledes beskafne, at de gælder i Forhold til alle vilkaarligt bevægede Koordinatsystemer, altsaa accelererede (specielt roterende) lige saa godt som jævnt bevægede. Dersom dette viser sig at være Tilfældet, vil det tillige betyde en overordentlig Simplificering og Afrunding af Fysikens Grundlag.

Til et saadant erkendelsesteoretisk Argument for at udvide Relativitetsfordringen føjer Einstein et meget vigtigt fysisk Argument. I den Anledning vender vi tilbage til den roterende fladtrykte Klode S_2, som vi nu kan tænke os som vor egen Jord. Vi kan altsaa ikke længere slaa os til Ro med at sige med Newton, at Jorden er fladtrykt, og at der optræder Centrifugalkræfter o. s. v. paa den, fordi den roterer; Relativitetsfordringens Udvidelse kræver, at Fladtrykningen o. s. v. skal være en Virkning fra Resten af Himmellegemerne,

Digitized by Google

saa at Jorden er fladtrykt, fordi den roterer i Forhold til dem eller de i Forhold til den. Det ligger da nær at tænke sig, at det maa være Gravitationsvirkningerne fra Himmellegemerne paa Jorden, som under den relative Rotation frembringer Fladtrykningen og i det hele taget ved enhver Acceleration foraarsager Træghedsvirkningerne, og den vægtige Grund derfor, som Einstein anfører, er den simple Kendsgerning, at det for ethvert Legeme er en og samme Konstant, nemlig dets Masse, der er bestemmende baade for Gravitationsvirkningen paa det og for dets Træghed, eller som han udtrykker det, at den tunge og den træge Masse er den samme. At det er Tilfældet, viste allerede Newton ved at vise, at alle Legemer falder lige hurtigt*), og vi benytter os af det, hver Gang vi finder et Legemes Masse ved at veje det. Men der er næppe tænkt nærmere derover før af Einstein; for Newton var det en ren Tilfældighed, og først nu, efter at man er gjort opmærksom derpaa, ser man klart, at det ikke kan være en Tilfældighed, men maa være Udtryk for en fundamental Kendsgerning. Naar det saaledes er rimeligt, at Gravitationsvirkningerne fra Kloderne i Rummet kan være bestemmende for Træghedskrafterne ved enhver Acceleration (for »Inertien«), følger deraf, at en almindelig Relativitetsteori tillige bliver en Gravitationsteori, hvad der i høj Grad maa forøge dens Interesse, naar man betænker, hvor haardnakket Gravitationen hidtil har modstaaet ethvert Forklaringsforsøg.

Einstein har nærmere anskueliggjort Sammenhængen mellem Gravitation og Træghed ved sin berømte »Kasse«, et lukket Værelse, hvori der befinder sig en Iagttager med fysiske Apparater, og som er anbragt saa langt fra al Verdensrummets Masse, at Inertiens Lov gælder derinde. Iagttageren mærker dér ingen Tyngde, saa at han maa binde sig fast, hvis han ikke skal svæve ved det letteste Stød mod Gulvet. I Kassens Loft er befæstet en Krog med en Snor, hvori et eller andet Væsen begynder at trække med en konstant Kraft, saa at Kassen bevæger sig med konstant Acceleration. Hvordan mærker nu Iagttageren inde i Kassen det? For at Kassens Acceleration kan overføres til ham, maa han modtage et Tryk fra og altsaa ogsaa udøve et Tryk paa Gulvet, saa at han staar der ganske som i et

*) Nylig har Ungareren *Eötvös* for flere Stoffer (Messing, Glas, Kork osv.) vist, at Forskellen mellem deres tunge og træge Masse højest kan være $\frac{1}{20 \cdot 10^6}$.

Digitized by Google

Værelse paa Jorden. Slipper han et Legeme ud af sin Haand, faar dette ikke længere Kassens Acceleration overført, saa at han vil se det falde med konstant Acceleration, og han vil finde den samme Acceleration for alle Legemer, som han slipper, nemlig Kassens. Han maa da tro, at han befinder sig i et konstant Tyngdefelt. Maaske vil han undre sig over, at Kassen ikke ogsaa falder, men naar han opdager Snoren i Loftet, er han klar over, at Kassen er ophængt i Tyngdefeltet. Det er altsaa umuligt for ham at skelne mellem de to Muligheder, at Kassen bevæger sig med konstant Acceleration, eller at Kassen hviler i et homogent Tyngdefelt, og Grunden dertil er netop den Omstændighed, at tung og træg Masse er ens, eller at alle Legemer falder lige hurtigt i et Tyngdefelt.

Paa et saadant Grundlag opstillede Einstein sit Ækvivalensprincip, der postulerer, at i alle Tilfælde, hvor man af optrædende Træghedskræfter hidtil har sluttet sig til, at det System, hvorfra man iagttog, var accelereret, kan man med lige saa megen Ret sige, at de iagttagne Fænomener finder Sted i et Gravitationsfelt. Her træffer vi altsaa en ny Anvendelse af Einsteins særlige frugtbare Arbejdsmetode, Opstillingen af dette Ækvivalensprincip paa Grundlag af Iagttagelser og Overvejelser, der gør det meget sandsynligt, og derefter Forfølgelsen af dets Konsekvenser til saadanne, der kan prøves, for derigennem endeligt at godtgøre dets Rigtighed. Og netop her er der allerede leveret det stærkeste Bevis, ved at engelske Astronomer under den sidste totale Solformørkelse fandt, at en Lysstraale, der passerer tæt forbi Solen, krummes ind mod denne, og fandt netop den Værdi af Krumningen, som Einstein havde forudsagt. Sammenhængen hermed kan kort fremstilles paa følgende Maade. Naar en Lysstraale passerer f. Eks. tværs gennem den før betragtede Kasse, der var anbragt langt fra al anden Masse, er der ikke Tvivl om, at Iagttageren vil finde dens Bane retlinet, saa længe Kassen ikke er accelereret. Men naar Kassen accelereres, maa han da finde, at Lysstraalens Bane bliver krum ganske som et Projektils, blot bliver Banen naturligvis overordentlig meget fladere paa Grund af Lysets meget større Hastighed. Heraf slutter han da, at en Lysstraale paavirkes af et Tyngdefelt, hvad der stemmer med, at Lysstraalen repræsenterer Energi, hvilket jo vilde sige træg Masse og altsaa, efter hvad vi nu ved, ogsaa tung Masse. Lysenergi falder altsaa i et Tyngdefelt, ganske som al anden Masse gør det. Imidlertid er Lysets Hastig-

Digitized by Google

hed saa stor, at Lysstraalernes Krumning i Jordens forholdsvis svage Tyngdefelt ikke kan paavises; derimod vil en Lysstraale, der passerer tæt forbi Solen og altsaa kommer fra en Stjerne, der staar omtrent i Retning af Solens Rand, faa en Afbøjning paa 1″,75*), saa at en saadan Stjerne vil ses forskudt 1″,75 bort fra sin sædvanlige Plads i Retning bort fra Solens Centrum. Denne Konsekvens, der jo kun kan prøves under en total Solformørkelse, fordi man ellers ikke kan se eller fotografere Stjerner saa tæt ved Solen, var det, der blev bekræftet i 1919 ved to engelske astronomiske Ekspeditioner. Den ene til Sobral fandt en Forskydning paa 1″,98, den anden til Principe fandt 1″,64**). En Straale, der passerer tæt forbi Jupiter, vil afbøjes 0″,02, der maaske endnu netop vil kunne paavises heliometrisk.

Den Fremgangsmaade, der her lærte os et Tyngdefelts Indflydelse paa Lysforplantningen, tillader os at finde dets Indflydelse paa ethvert fysisk Fænomen, hvis Forløb i et Inertialsystem er kendt, idet vi derudfra ved simple Regninger finder dets Forløb i et accelereret Koordinatsystem, der jo er ækvivalent med et Tyngdefelt; vi »fremkalder« altsaa Tyngdefeltet ved den Koordinattransformation, der fører os over i det accelererede System. Heri ligger Muligheden for at komme til en Gravitationsteori. Det maa dog bemærkes, at det ikke er muligt at fremkalde alle Tyngdefelter og altsaa omvendt heller ikke muligt at opfatte alle Tyngdefelter som kun tilsyneladende. Jordens Tyngdefelt f. Eks. kan ikke erstattes af et accelereret Koordinatsystem. Man maa da gøre den Antagelse, at de Love, der findes for de kunstigt fremkaldte Tyngdefelter, ogsaa gælder for de Felter, der ikke lader sig fremkalde ved en Koordinatændring.

Følgen af, at det nu er paavist, at en Lysstraale krummes i et Tyngdefelt, saa at Lysets Hastighed ikke er konstant, men afhænger

---

*) Man kommer ikke til den rigtige, af Einstein forud angivne Talværdi alene ud fra Ækvivalensprincipet, Beregningen forudsætter den fuldstændige almindelige Relativitetsteori. Overensstemmelsen med Virkeligheden er derfor en Støtte for den almindelige Relativitetsteori, ikke alene for Ækvivalensprincipet.

**) Nogle har indvendt, at en saadan Afbøjning kunde skyldes Solens Atmosfære eller muligvis Refraktion i Jordens Atmosfære under de abnorme Temperaturforhold under en total Solformørkelse. Alle disse Indvendinger er udførligt diskuterede og tilbagevist bl. a. i »Nature«. En Solatmosfære, der skulde kunne frembringe den fundne Afbøjning, skulde være saa tæt, at man ikke vilde kunne se Stjernen.

Digitized by Google

af det paa Stedet herskende Felt, er, at det specielle Relativitetsprincip, der forudsatte Lyshastighedens Konstans, er et Grænsetilfælde, der kun gælder, for saa vidt man kan se bort fra Tyngdens Indflydelse, altsaa f. Eks. kun kan gælde med Tilnærmelse paa Jorden, omend naturligvis med overordentlig stor Tilnærmelse.

Vi vender os nu til Hovedsagen, Spørgsmaalet om den udvidede Relativitetsfordring kan tilfredsstilles, altsaa om Naturlovene virkelig er saaledes beskafne, at man kommer til de samme Udtryk for dem, hvadenten man ser Fænomenerne f. Eks. fra Solen eller fra en Gynge eller Karussel her paa Jorden og altsaa betragter disse som hvilende i Stedet for Solen. Hvilke Ændringer skal de hidtidige Naturlove, som i saa Fald kun kan være Tilnærmelser, da undergaa? At New-

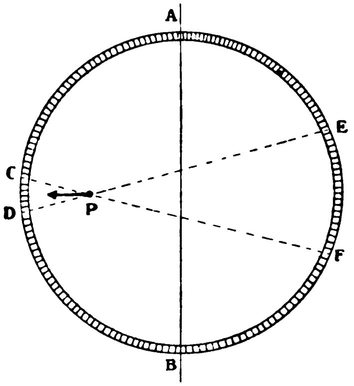


Fig. 1.

tons Mekanik maa ændres, er allerede paavist; Relativitetsfordringen kræver, at der ogsaa opstaar Centrifugalkræfter i et hvilende Legeme, ved at der uden om det roterer andre Masser, og dette fører den hidtidige Mekanik jo ikke til.

Hvordan det gaar til, at der i et saadant Tilfælde opstaar Centrifugalkræfter, kan forøvrigt oplyses ved et simpelt Eksempel. Lad det hvilende Legeme, Partiklen P, være anbragt excentrisk i en stor Kugleskal, jævnt belagt med Masse. Naar denne ogsaa hviler, er P som bekendt i Ligevægt overalt inde i den, thi Massetiltrækningerne fra f. Eks. CD og EF ophæver netop hinanden efter Newtons Tiltrækningslov. Men naar Kugleskallen roterer om Aksen AB, vokser dens Masse paa Grund af Bevægelsen efter det specielle Relativitets-

Digitized by Google

princip (S. 44) og desto mere, jo større Hastigheden er, altsaa mest i Ækvatorialplanen. Dette betyder, at Massen i *CD* forøges forholdvis stærkere end i *EF*, saa at der nu opstaar en Overskudstiltrækning, en Kraft i Pilens Retning paa *P*, altsaa netop en Centrifugalkraft. Det er forøvrigt en gammel Tanke, at roterende Masser kunde tænkes at frembringe Centrifugalkræfter i Legemer, der hviler inden for dem, og man har foreslaaet at prøve det eksperimentelt. Men Paavisningen vil strande paa, at de Masser, der kan være Tale om at sætte i Rotation her paa Jorden, er for smaa. —

Som Udgangspunkt antager Einstein, at det specielle Relativitetsprincip gælder, hvor der intet Tyngdefelt hersker. Skal da det almindelige Relativitetspostulat kunne gennemføres, kan man ikke bruge sædvanlige Koordinater og definere Tiden paa sædvanlig Maade i et Tyngdefelt, saa at Euclids Geometri ikke kan gælde i et saadant. Dette kan ses ved at betragte et simpelt Eksempel, en stor cirkulær Skive, der roterer jævnt, og hvis Periferi og Radius udmaales baade af en Iagttager *A* ,der deltager i Rotationen, og af en Iagttager *B*, der staar udenfor. *B* vil naturligvis finde Forholdet mellem Periferi og Radius til 2π, men *A* maa finde et Tal, der er større end 2π, thi naar han udmaaler Periferien, er hans Enhedsmaalestok forkortet efter det specielle Relativitetsprincips Resultater (S. 44), men derimod ikke, naar han udmaaler Radius, da Maalestokken nu ligger tværs paa Bevægelsesretningen. Han vil imidlertid sætte Enhedsmaalestokkens Længde = 1 i begge Stillinger, da han er berettiget til at tro sig hvilende, hvis et almindeligt Relativitetsprincip skal være gyldigt. Ganske vist mærker han Centrifugalkræfter, men dem tolker han i saa Fald som Gravitationsvirkninger. Endvidere vil to Ure, hvoraf det ene er anbragt i Centrum, det andet i et Punkt af Periferien, ikke gaa ens; *B* vil efter det specielle Relativitetsprincip finde, at det sidste gaar langsommere end det første, og det samme maa da *A* finde. I et Tyngdefelt kan altsaa den sædvanlige Maade at udmaale Rum og Tid paa med en Enhedsmaalestok og et Normalur ikke bruges, saa at man ikke kan bruge sædvanlige Koordinater, og da en enkelt anden bedre Metode til Udmaalingen ikke kan angives, er den eneste Udvej, som Einstein har set, den at alle tænkelige Koordinatsystemer maa være lige gode, naar de kun er entydige og kontinuerte Han formulerer derfor det almindelige Relativitetspostulat saaledes: **D e a l m i n d e l i g e N a t u r l o v e m a a u d t r y k k e s v e d L i g-**

Digitized by Google

ninger, der gælder for alle Koordinatsystemer eller matematisk udtrykt er kovariante over for alle tænkelige Koordinattransformationer. Konsekvensen af et almindeligt Relativitetsprincip er altsaa, at Rum og Tid ikke kan have nogensomhelst Egenskaber uafhængige af de Ting, de indeholder, ikke engang selvstændige Maaleegenskaber, men disse maa paa ethvert Sted afhænge af det dér herskende Tyngdefelt og altsaa variere med dette.

At der kan være Mening i at opstille en saa vidtgaaende Relativitetsfordring, og at den kan gennemføres, ligger nu i, at alle fysiske Iagttagelser eller Maalinger i sidste Instans kun er Iagttagelse af Koincidenser, Konstatering af at to eller flere Punkter samtidig befinder sig paa samme Sted. Skal der maales en Længde, konstaterer man, at Endepunkterne af det, der skal maales, falder sammen med to bestemte Punkter paa Maalestokken, og noget tilsvarende gælder for al anden Maaling; i alle Tilfælde konstateres, at en Viser, en Vædskeoverflade el. l. falder sammen med et bestemt Punkt paa Skalaen. Iagttagelse af en Bevægelse er Konstatering af en Række Koincidenser af det bevægede Legeme med bestemte Punkter af Omgivelserne, samtidig med at Viseren paa et Ur anbragt paa de paagældende Steder koinciderer med bestemte Punkter af Urskiven og saaledes i alle Tilfælde. Hele Fysiken kan siges at være den Samling Love, hvorefter disse tidsrumlige Koincidenser finder Sted. I et Koordinatsystem, som vi nu for Simpelheds Skyld stadig tænker os 4-dimensionalt med Tiden eller en dermed proportional Størrelse som 4. Koordinat, viser en Koincidens mellem to Begivenheder sig ved, at disse har sammenfaldende Værdier for alle 4 Koordinater. Hvordan nu end dette Koordinatsystem transformeres, naar det kun sker saaledes, at Entydighed og Kontinuitet bevares, vil naturligvis ogsaa disse Begivenheders nye Koordinater have sammenfaldende Værdier, saa at der ogsaa er Koincidens i det nye transformerede Koordinatsystem. Der sker altsaa ganske det samme i det nye vilkaarlige Koordinatsystem som i det oprindelige.

De almindeligste Koordinater, der kan være Tale om at benytte, er Gauss' Koordinater. Paa en vilkaarlig Plade tænkes lagt to uendelige Skarer af vilkaarlige Kurver, hver bestemt ved sin Parameter, og saaledes at der gennem hvert Punkt af Fladen gaar een og kun een Kurve af hver af de to Skarer. Ethvert Punkt paa Fladen er da bestemt ved to saadanne Parametre, en af hver Art, nemlig

Digitized by Google

som Skæringspunktet for de to derved bestemte Kurver; disse to Parametre er da Punktets Gauss'ske Koordinater paa den givne Flade. Almindelige cartesiske Koordinater i Planen er et specielt Tilfælde af Gauss'ske Koordinater, idet Kurveskarerne er rette Linier parallele med to paa hinanden vinkelrette Linier, Koordinatakserne. Naar Anvendelsen af Gauss'ske Koordinater udvides til den 4-dimensionale Rum-Tidsmangfoldighed, bliver ethvert Punkt, som i det sædvanlige Rum-Tidssystem var bestemt ved Koordinaterne x, y, z og $u = ict$ (altsaa en i Punktet (x, y, z) til Tiden t stedfindende Begivenhed), nu bestemt ved 4 Parametre for 4 3-dimensionale Flader, nemlig som disses Skæringspunkt. Men i et saadant almindeligt Gauss-System kan man ikke ved Maaling finde disse 4 Koordinater, som man kan det i det sædvanlige System, Koordinaterne er kun rene Parametre.

Den videre Fremgangsmaade kan nu kun antydes. Udgangspunktet er som nævnt for at bevare Kontinuiteten med den gamle Fysik, at i uendelig smaa Omraader (der derfor godt kan være meget store i Forhold til de almindelige i Fysiken forekommende Dimensioner) gælder det specielle Relativitetsprincip i et Koordinatsystem, hvori de betragtede Legemer ikke er accelererede; der kan man altsaa maale Længde og Tid paa sædvanlig Maade eller bruge Euclids Geometri. I et saadant Koordinatsystem betragter vi to Punkter A og B (to Begivenheder) med Koordinatdifferenserne $dx_1 .. dx_4$, idet vi nu benævner Koordinaterne $x_1 .. x_4$ i Stedet for x, y, z, u; Afstanden mellem disse Begivenheder, der altsaa kan være rumlig eller Afstand i Tid og i Almindelighed er begge Dele samtidig, men som i hvert Fald kan maales med Maalestokke og Ure, betegnes med ds. Man har da $ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2$. Nu transformeres til et vilkaarligt Koordinatsystem $X_1 .. X_4$; derved bliver Afstanden ds uforandret, men den udtrykkes i de nye Koordinater ved et kompliceret Udtryk $dS^2 = g_{11} dX_1^2 + .. + g_{44}\, dX_4^2 + 2g_{12} dX_1 dX_2 + ..$, hvor ialt 10 uafhængige Koefficienter g indgaar. En saadan Transformation betyder, at de to Begivenheder nu betragtes fra et Koordinatsystem, der har en vilkaarlig Acceleration, men dette er efter Ækvivalensprincipet ensbetydende med, at der i det hersker et vilkaarligt Gravitationsfelt. I vort Udgangssystem gælder Inertiens Lov, saa at et til sig selv overladt Legeme vil bevæge sig jævnt retlinet, eller sagt i Minkowskis Sprog dets Verdenslinie er en 4-dimensional ret Linie med Linieelementet ds. I det nye System er Banen ikke mere ret-

Digitized by Google

linet, men har Linieelementet dS; Grunden til at Banen nu er krumlinet, er Gravitationsfeltet, og dette maa derfor være bestemt af de 10 Koefficienter g, der erstatter Newtons Teoris eneste Gravitationspotential. Da Verdenslinien var en korteste eller geodætisk Linie i det oprindelige System, er den det ogsaa i det transformerede, idet denne Egenskab bevares uafhængig af Transformationen; den Lov, som Einstein sætter i Spidsen for Mekaniken i Stedet for Newtons Inertilov og Tiltrækningslov, og hvorved Relativitetsfordringen tilfredsstilles, bliver da, at ethvert Massepunkt følger under Indflydelse af Gravitation og Træghed de geodætiske Linier i Rum-Tidsmangfoldigheden.

Hvorledes Koefficienterne g findes, maa forbigaas; de bestemmes ved det, der frembringer Tyngdefeltet, altsaa ved Masserne eller rettere Energien i Rummet. Bestemmelsen indeholder næppe anden Vilkaarlighed, end at Differentialudtrykkene til Bestemmelse af g'erne skal være af 2. Orden, i Analogi med at Laplace-Poissons Ligning til Bestemmelse af det sædvanlige Potential ved Massetætheden er af 2. Orden.

Den Teori, Einstein har opbygget paa dette almindeligst mulige Grundlag, kun byggende paa den almindelige Relativitetsfordring, Ækvivalensprincipet og Antagelsen af det specielle Relativitetsprincips Gyldighed under specielle Forhold, og iøvrigt med et Minimum af Vilkaarlighed, fører nu virkelig i første Tilnærmelse til Newtons Tiltrækningslov; dersom den ikke gjorde det, var den ganske vist ogsaa straks omstødt, da Newtons Lov i hvert Fald er en overordentlig god Tilnærmelse til Sandheden, men at denne har kunnet udledes paa et saa almindeligt Grundlag er allerede meget overraskende og betydningsfuldt. Langt vigtigere er det imidlertid, at i næste Tilnærmelse forklarer den netop den Perihelbevægelse (Drejning af Banens Storakse i Omløbsretningen) for Merkur paa ca. 43″ pr. Aarhundrede, der var det eneste hidtil kendte Fænomen, som Newtons Teori ikke kunde forklare; nu vil vi hellere udtrykke det saaledes, at Merkurs Perihelbevægelse er det eneste Fænomen, overfor hvilket Astronomiens Nøjagtighed hidtil har været stor nok til at konstatere, at Newtons Teori kun er en Tilnærmelse*). Dette Resultat kunde Einstein straks

*) Venusbanen er omtrent cirkulær, saa at dens Perihel er daarligt bestemt, og for Jorden er Virkningen allerede umærkelig.

Digitized by Google

pege paa, og siden er den rigtigt forudsagte Lysstraalekrumning ved Solen kommen til. Ved Teoriens Fremkomst henviste Einstein endnu til en tredje Virkning, der maatte kunne føre til en Afgørelse for eller imod Teorien. Man maa nemlig vente, at Bølgebredden af Spektrallinier i Solens eller Fiksstjernernes Spektre maa være lidt større end for de samme Linier, naar de frembringes her paa Jorden, da man kan opfatte den lysudsendende Elektron som et Ur, som skal gaa noget langsommere, naar det befinder sig i ét stærkt Gravitationsfelt. Om denne Virknings Eksistens hersker der endnu ikke Enighed; Arbejder fra den sidste Tid tyder paa, at der mærkes en saadan Virkning i de klareste og derfor sandsynligvis tungeste Stjerners Spektre. For Solspektret er den i hvert Fald endnu ikke sikkert paavist; her skulde Ændringen i Bølgebredde i den violette Del af Spektret være ca. 0,008 Å. E., men Usikkerheden angaaende de Betingelser, hvorunder de Fraunhoferske Linier dannes (Tryk, Temperatur o. s. v.) gør en sikker Paavisning af saa smaa Ændringer meget vanskelig. Nogle engelske Forskere har forøvrigt ment, at Teorien slet ikke kræver denne Virkning. Selv om altsaa dette Spørgsmaal endnu maa siges at være aabent, har Erfaringen dog givet Einsteins Teori en meget stærk Støtte og endnu intet frembudt, der strider mod den. Om end den naturligvis ikke kan være det sidste Ord i disse Spørgsmaals Udvikling — den er jo en udpræget formel, fænomenologisk Teori, der lige saa lidt som Newtons giver nogen Forklaring af Gravitationen —, tør man vel derfor med Sikkerhed hævde, at Vejen ikke mere kan gaa tilbage til Newtons Teori, men at der er naaet et saa afgørende principielt Fremskridt, at det er berettiget at nævne Einstein ved Siden af Mænd som Kopernikus og Newton.

Nærværende korte Fremstilling af Einsteins Teori har saa vidt muligt undgaaet at berøre den erkendelsesteoretiske Side af Teorien. Om denne hersker der som nævnt langtfra Enighed. Hensigten med Fremstillingen har væsentlig været at give de Læsere, der ikke har haft Lejlighed til selv at beskæftige sig nærmere med Einsteins Arbejder, nogle Forudsætninger for at tilegne sig det betydningsfulde Bidrag til Udviklingen af Teoriens erkendelsesteoretiske Side, som skyldes Hr. Helge Holst, og som han redegør for i den følgende Artikel.

Digitized by Google

Einsteins Relativitetsteori og vor Rum- og Tidsopfattelse.

Af Helge Holst.

Som bekendt vil Iagttagere, der er i Hvile i hver sit af de forskellige relativt til hverandre jævnt og retliniet bevægede Koordinatsystemer, hvormed man har at gøre i den specielle Relativitetsteori, efter dennes Regler dømme forskelligt om Samtidighed og Ligestorhed. De vil med andre Ord indordne det iagttagne forskelligt efter Tid og Rum. Idet nu de forskellige Koordinatsystemer anses for ligestillede, skulde det Maal at indordne Fænomenerne entydigt, d. v. s. i et for alle Iagttagere gældende Verdensbillede være uden Rod i Virkeligheden. Det skulde være et falsk Ideal, som havde sit Udspring i urigtige Forestillinger om Rummets og Tidens rette Stilling i vor Bevidsthed. Utvivlsomt er en saadan Opfattelse af Relativitetsteoriens Væsen almindelig udbredt, og er den rigtig, kan man med Rette sige, at Teorien kræver en Revolution af vor hidtidige Rum- og Tidsopfattelse. I nær Forbindelse hermed staar det, at den ikke synes at opfylde de sædvanlige kausale Krav. Dette er tidligere fremhævet her i Tidsskriftet af Professor K. Kroman, der bl. a. af denne Grund gik mod Teorien. Som Eksempel paa at ogsaa Tilhængere af Relativitetsteorien erkender, at der er en Mangel paa kausal Sammenhæng, kan anføres en Udtalelse af J. Petzoldt, der ligefrem siger, at Teorien kaster Aarsagsbegrebet over Bord, (»Ber. der Deutschen Physikal. Ges.«, 1918, S. 189). Det er da ogsaa indlysende, at man ikke kan betragte Bevægelserne relativt til Iagttageren og hans Koordinatsystem som fysiske Aarsager i Ordets sædvanlige Forstand til de derved bestemte Ændringer af Dimensioner og Perioder, som vi maa regne med i den specielle Relativitetsteori; thi Ændringerne er jo slet ikke afhængige af Iagttagerens fysiske Egenskaber; hans Masse kan være saa ringe, hans Afstand fra de paagældende Maalestokke, Ure o. a. saa stor, at han fysisk set maa betragtes som en *quantité negligeable«*. Skal nu de forskellige Koordinatsystemer anses for fysisk fuldkommen ligestillede, er det overhovedet umuligt at finde fysiske Aarsager til Ændringerne.

Uden at komme i Strid med det reelle, fænomenologiske i den

Digitized by Google

specielle Relativitetsteori, kan man nu ganske vist tilsyneladende redde den kausale Sammenhæng og entydige Indordning ved at holde sig til Æterteorien, idet man da betragter de paagældende Ændringer som kausalt bestemte ved Bevægelsen relativt til Æteren. De elektrodynamiske Antagelser, Lorentz i dette Øjemed har opstillet, er saa simple, at de i denne Henseende synes at tilfredsstille alle rimelige Fordringer. Men selv om Lorentz-Teorien rent formelt kunde redde Kausaliteten, syntes denne Redning i Realiteten ikke at være meget værd.

Hans Æterforklaring har paa den ene Side til Forudsætning, at et af de forskellige relativt til hverandre bevægede Systemer er udmærket fremfor de andre ved Hvile i Æteren; men paa den anden Side synes den principielt at udelukke ethvert iagttageligt Kendetegn paa Hvile eller Bevægelse i Æteren. Men hvis Æterteoriens Tilhængere indrømmer, at ingen af de forskellige Systemer er udmærket fremfor de andre ved noget iagttageligt, saa er det et uholdbart Standpunkt at ville basere en kausal Forklaring paa en Særstilling af et af dem. Thi kun, hvad der kan fremtræde for vor Iagttagelse, er reelt.

Det afgørende Spørgsmaal bliver da, om de forskellige Koordinatsystemer virkelig er fysisk ligestillede eller ej. Det er Kernen i Sagen. Paa Besvarelsen af dette Spørgsmaal beror det, om man kan hævde den kausale Opfattelse, og om det er principielt muligt at indordne alt entydigt i et Verdensbillede.

Utvivlsomt har mange af Relativitetsteoriens Tilhængere været for hurtige til at anse den Sag for afgjort uden ret at betænke Konsekvenserne af, at den oprindelige Relativitetsteori havde en meget speciel Karakter. De Koordinatsystemer, som ved den sættes ækvivalente eller ligestillede m. H. t. Beskrivelsen af de fysiske Fænomener, skal jo være, hvad Einstein kalder galileiske Henførelsessystemer, d. v. s. saadanne i hvilke Inertiens Lov gælder: vi vil i det følgende betegne dem som Inertialsystemer. Vi kan derfor ikke vente at naa til en virkelig Forstaaelse af Forholdene, saa længe vi ikke har Klarhed over Aarsagen til Inertialsystemernes Særstilling. Som det bl. a. blev fremhævet af Ernst Mach og senere af Einstein, savnedes Forklaringen af denne Særstilling i Newtons Mekanik.

Man slog sig her til Ro med det Faktum, at Newtons Love ikke gælder, naar Bevægelserne henføres til et jordisk, d. v. s. et

Digitized by Google

i Jorden fastlagt Koordinatsystem, men kun naar man henfører Bevægelserne til Koordinatsystemer, der er i »Rotationshvile« m. H. t. Fiksstjerneverdenen. Der er imidlertid god Grund til at spørge, hvorfor Fiksstjernekoordinatsystemet er saaledes udmærket fremfor det jordiske, hvorfor der gælder simple Love i det første, men ikke i det sidste?

Man kunde herpaa svare, at det jordiske Koordinatsystem drejer sig med Jorden, medens Fiksstjernekoordinatsystemet er i Hvile — eller i alt Fald ikke roterer — og at det er til det hvilende System, Bevægelsen skal henføres, da det ellers ikke er de virkelige Bevægelser, vi betragter; men skal man gøre Rede for, hvad man mener med at betegne Fiksstjernesystemet som hvilende og de dertil henførte Bevægelser som de virkelige, vil man komme i Forlegenhed.

Vi ser maaske klarest Vanskeligheden, naar vi tænker os, at vi alene havde været henvist til at betragte Bevægelserne her ved Jorden, f. Eks. fordi Jordkloden var omgivet af et Skylag, saa tæt, at det skjulte Sol, Maane og Stjerner for vore Øjne og endogsaa udviskede Forskellen mellem Dag og Nat fuldstændig. Gennem grundige fysiske Undersøgelser vilde det da kunne opdages, at man kun ved at henføre alle Bevægelser til et Liniesystem, der drejede sig fra Øst mod Vest en Gang rundt i en vis Periode (den, vi kalder Døgnet) kunde finde simple Love for de jordiske Legemers Bevægelser. Man vilde da maaske nok finde paa at betegne det som »hvilende« og bruge det Udtryk, at Jorden drejede sig fra Vest mod Øst en Gang i denne Periode. Men denne Drejning var ikke en Drejning i Forhold til nogensomhelst iagttagelige Legemer, men blot i Forhold til et tænkt Koordinatsystem, der er valgt saaledes, at vi i det faar simple Bevægelseslove. Idet de jordiske Legemers Bevægelser saaledes bestemmes ikke alene ved deres Forhold til andre Legemer, men ogsaa ved deres Forhold til et saadant Koordinatsystem, kan vi sige, at der jævnsides med de mekaniske Aarsager (Paavirkning fra andre Legemer) optræder en Aarsag af helt anden Art. Vilde man sige, at dette »udmærkede« Koordinatsystem — »det fysiske Hvilesystem« kan vi kalde det — er »hvilende i Rummet«, saa indfører man derved Bevægelse i Rummet eller »absolut Bevægelse« som bestemmende for de fysiske Processer; men naar »Rummet« blot opfattes som den uendelige »Beholder« for alt iagttageligt, men selv uden Vægge eller

Digitized by Google

Mærkepunkter af nogen Art, kan vi i Virkeligheden ikke forbinde nogen Mening med at henføre Bevægelser til det. — I Fig. 1 betegner XjYj et jordisk Koordinatssystem, XY Hvilesystemet.

Tænker vi os nu, at Skylaget forsvandt, eller at det ved særlige Instrumenter blev muligt at se igennem det, vilde det derved

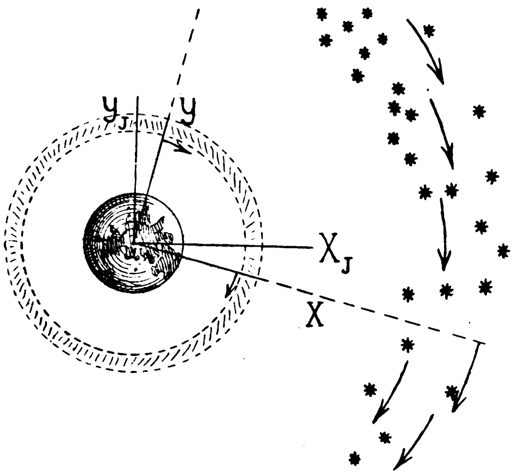


Fig. 1.

X_J Y_J forestiller et Koordinatsystem, der er fast i Jordkloden, hvis Akse er den tredje Koordinatakse og maa tænkes at staa vinkelret paa Papirets Plan. X Y er et Koordinatsystem, som drejer sig fra Øst mod Vest i Forhold til Jorden og ligger fast i den af et Skyslør skjulte Stjerneverden.

opdages, at det fysiske Hvilesystem var i Hvile i Forhold til et mægtigt ydre System af materielle Legemer, Fiksstjerneverdenen.

Havde man slaaet sig til Ro med den Forestilling, at det fysiske Hvilesystem var i Hvile i Rummet, saa kunde man nu nøjes med at sige, at dette ogsaa gjaldt om Fiksstjerneverdenen. Saaledes opfattede Newton nærmest Sagen. Vi kan imidlertid komme bort fra denne Forestilling om absolut Hvile og Bevægelse, idet vi antager, at Fiksstjernerne ikke blot er Fyrlanterner, der afmærker Hvilesystemet for vore Øjne, men tillige de for Bevægelserne bestemmende mekaniske Aarsager, der gør det til det fysiske Hvilesystem. Dette er ikke en Strid om Ord, men et ganske reelt fysisk Spørgsmaal; thi i den sidstnævnte Opfattelse ligger, at Stjernerne ved deres Stofmængde, Stillinger og Bevægelser bestemmer det fysiske Hvilesystem. Det maa derfor forandre sig med Stjernernes

Digitized by Google

indbyrdes Bevægelser og være forskelligt paa forskellige Steder af Rummet. Og da Jordkloden er af samme Slags Stof som Fiksstjernerne, maa ogsaa dennes Bevægelse relativt til dem paavirke det fysiske Hvilesystem. Tænker vi os, at Jordkloden var alene i Rummet maatte den alene bestemme det. Det vilde da falde

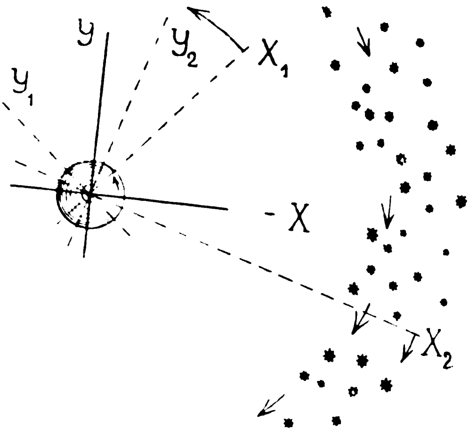


Fig. 2.
$X_1 Y_1$ skal betegne et i Jordkloden, $X_2 Y_2$ et i Fiksstjerneverdenen fast Koordinatssystem. De drejer sig som antydet ved Pilene hver sin Vej i Forhold til det ved Jord og Stjerner tilsammen bestemte fysiske Hvilesystem, der (for Egne nær Jordoverfladen) kan være repræsenteret ved Koordinatsystemet XY. — Bevægelsen af $X_2 Y_2$ er i Virkeligheden ganske umærkelig.

sammen med det jordiske Koordinatsystem; et frit faldende Legeme vilde da følge Lodlinjen. Tænker vi os, at vi kun havde Jorden og en Stjerneverden, hvis Komponenter var i Hvile indbyrdes, men i Forhold til hvilken Jorden roterede, saa kunde Hvilesystemet hverken være fast i Jorden eller i Stjerneverdenen. Vi maatte antage, at Forholdet var som symboliseret i Fig. 2. Her er XY Hvilekoordinatsystemet for Egne ved Jordens Overflade. Det er bestemt ved Jorden og Stjerneverdenen tilsammen. Jorden og det jordiske Koordinatsystem X_1Y_1 drejer sig fra Vest mod Øst med en vis Vinkelhastighed φ_1, Stjerneverdenen og Fiksstjernekoordinatsystemet X_2Y_2 drejer sig fra Øst mod Vest med en anden Vinkelhastighed φ_2. Det er klart, at vi ikke kan have samme Hvilesystem nær Jordoverfladen og langt ude i Rummet. Jo længere vi kommer ud, des ringere bliver Jordens Indflydelse, og des mindre drager den Hvilesystemet med sig.

Digitized by Google

Da vi kan bestemme Fiksstjernesystemet ved astronomiske Iagttagelser, Hvilesystemet ved Forsøg med Fald i Skakter o. s. v., er det aabenbart principielt muligt at undersøge, om de har en Bevægelse i Forhold til hinanden. Jordens Vinkelhastighed φ_1 i Forhold til det fysiske Hvilesystem er imidlertid næppe bestemt med større Nøjagtighed end 1 $^0/_0$ el. lign., og der vilde utvivlsomt udkræves en mangfoldige Gange større Nøjagtighed til Konstatering af Forskellen mellem Hvilesystemet og Fiksstjernesystemet.

Hvad det her kommer an paa, er imidlertid blot, at vi gennem denne Opfattelse naar til at betragte Hvilesystemet ikke som noget absolut, men som bestemt ved principielt iagttagelige Legemers Stillinger og Bevægelser og saaledes gennemfører, hvad vi kunde kalde det kausale Relativitetskrav, nemlig det Krav, at kun iagttagelige Legemer (d. v. s. Rumpartier, der kan skelnes fra Omgivelserne) maa anses for Bærere af fysiske Aarsager. Allerede i Halvfemserne hævdede Mach med Styrke denne Opfattelse af Fiksstjernerne som de mekaniske Aarsager til Hvilesystemets Særstilling, dog uden at fordybe sig i Konsekvenserne. Senere har Einstein sluttet sig til Machs Syn, og han har yderligere som Argument for, at Kloderne i Rummet foruden at have almindelig Gravitationsvirkning ogsaa var bestemmende for Inertien, fremhævet det Forhold, at Gravitationskraften i Modsætning til andre Kræfter altid er proportional med Legemernes træge Masse.

Jeg tror imidlertid, det er nyttigt at se Sagen fra endnu en Side, idet vi søger at gøre os klart, hvad der egentlig ligger i Begreberne Stof, tomt Rum og Kraftfelt; derved vil der ogsaa kastes Lys over Æterproblemet.

Den Kendsgerning, at der i Rummet om en Stjerne eksisterer et Gravitationsfelt, blev tidligere opfattet paa en altfor tom matematisk Maade blot som et Udtryk for, at et Legeme her har en vis Acceleration mod Stjernen, bestemt ved Legemets Afstand fra den og ved Stjernens Masse. Men Rummet blev opfattet som »tomt«. Mange kunde dog ikke forlige sig med den Tanke, at en Klode saaledes kunde virke »paa Afstand«. De mente derfor, at der foruden Stjernen og Legemet maatte eksistere et ukendt Stof, et Medium, Æteren, der fyldte det ellers tomme Rum mellem dem og formidlede Afstandsvirkningen. Ganske anderledes opfattedes »Berøringskræfter«. Naar en Bold standsedes af en Væg, var Grunden den, at Bolden søgte at trænge ind i et »stoffyldt« Rum;

Digitized by Google

her krævedes ikke et særligt Medium til Forklaring. Denne Forestilling om ubegribelige Fjernkræfter, der kræver et særligt Medium til Forklaring, og mere begribelige Berøringskræfter er imidlertid baade erkendelsesteoretisk uholdbar og uden Rødder i Nutidens Fysik. .

Det, hvori Bolden søger at trænge ind, er jo blot de ejendommelige Kraftfelter ganske tæt ved Atomerne og i deres Indre. Hvad vi kalder et Legeme eller et stoffyldt Rumparti, er kun et Rumparti med en Samling koncentrerede, stærkt varierende Kraftfelter; men Rummet mellem Klodernes Stofpartier er ligesaa vel udfyldt af Kraftpartier. Fysisk kan Forskellen udtrykkes derved, at vi i Stofpartierne har at gøre med elektriske Felter, idet Atomkerner og Elektroner hver for sig kan gøre deres Indflydelse gældende, medens vi udenfor Stofpartierne har, hvad jeg vil kalde »Neutralfelter«, hvor deres Indflydelse er smeltet sammen. Men den i erkendelsesteoretisk Henseende dybtgaaende Forskel mellem fyldt og tomt Rum er Forskellen mellem Rum med Kraftfelter og Rum uden Kraftfelter. Saaledes opfattet bliver »tomt Rum« kun et Grænsebegreb.

Man kan sige, at en Klode er et fysisk Individ, der bestaar af et Stofparti og et Neutralfelt, og dette sidste, der strækker sig ud i det uendelige, er en ligesaa integrerende Del af Individet som Stofpartiet. Det er derfor berettiget at sige, at enhver Klode, ethvert Legeme, ethvert Atom er uendelig stort eller fylder den hele Verden, men saaledes, at dens Felt bliver svagere og svagere, d. v. s. dens Indflydelse paa de fysiske Processer ringere og ringere, jo længere man kommer bort fra Stofpartiet, eller med andre Ord, at Feltets Intensitet aftager med Afstanden fra dette. — Denne Opfattelse udelukker dog ikke videregaaende Spekulationer over Neutralfeltets Natur og Forhold til Stofpartierne.

Naar vi virkelig gør os fortrolig med den Kendsgerning, at Rummet mellem Kloderne, d. v. s. deres Stofpartier, er fyldt af noget ganske ligesaa reelt som det, vi kalder Stof, nemlig det af samtlige Kloders Neutralfelter dannede sammensatte Neutralfelt, vil det paavirke vor Opfattelse af de fysiske Processer i Rummet. Lyset kan f. Eks. betragtes som en periodisk, fremskridende Ændring i den forud tilstedeværende Rumtilstand, og vi har derfor ligesaa lidt Grund til at antage Eksistensen af et særligt for dette

Digitized by Google

Formaal opfundet Medium som til at indføre et saadant til Forklaring af Fjernkræfterne. Hypotesen om en særlig Verdensæter bliver set i Lys af denne Opfattelse overflødig, fordi vi derved ikke bringes et Skridt videre frem i Verdensforstaaelse, end naar vi betragter de principielt iagttagelige Legemer som Bærere af alle Aarsager og de af dem betingede Rumtilstande som bestemmende for al fysisk Virksomhed.

Man kunde godt bruge Navnet Æteren om Klodernes sammensatte Neutralfelt, og mange vilde maaske mene, at den her fremsatte Opfattelse af Tilstanden i Verdensrummet kun er en anden Udtryksmaade for den velkendte Opfattelse, at Legemer — Elektroner, Atomkerner, Atomer — er singulære Steder, »Hvirvler«, »Knuder« el. lign. i Æteren. Det turde dog være tvivlsomt, om der lægges det samme ind i den sidstnævnte Opfattelse som i den første. Efter denne er »Knuderne« og deres individuelle Felter det eneste eksisterende. En Æter uden Knuder eksisterer slet ikke. Det er det individuelle, der er det reelle, det iagttagelige. Naar man taler om Bevægelse i »Neutralfeltæteren« er det Bevægelse i Forhold til de fysiske Individer, der sammensætter den. Neutralfeltæteren er derfor ikke en »Absolutæter«, men en »Relativæter«.

Lad os nu betragte Stjerneverdenen som fast, d. v. s. se bort fra Stjernernes indbyrdes Bevægelser. Vi kan da tænke os et i Stjerneverdenen fastlagt Koordinatsystem XYZ, som vi vil kalde Hvilekoordinatsystemet. Vi kan sige, at det ligger fast i det af Stjerneverdenen dannede sammensatte Neutralfelt. I dette vil der være forskellig Feltintensitet paa forskellige Steder. Lad os imidlertid antage, at indenfor en vis Rumegn R af betydelig Udstrækning er Feltintensiteten konstant; det er et homogent Neutralfelt*). Her vil et til sig selv overladt Legeme, antager

*) Vi kan ogsaa betegne det som »et gravitationsfrit Neutralfelt«. Hvis vi i Tilslutning til Einstein havde brugt Ordet »Gravitationsfelt« i Stedet for Ordet »Neutralfelt«, vilde vi her komme i Forlegenhed, da man ikke godt kan tale om et »gravitationsfrit Gravitationsfelt«, og »et homogent Gravitationsfelt« har en helt anden Betydning. Det er dog ikke alene af denne sproglige Hensigtsmæssighedsgrund, at jeg har anvendt det nye Ord Neutralfelt. Det synes mig ogsaa i og for sig mere rationelt at indføre et nyt Ord end at give Begrebet »Gravitation« en saadan Udvidelse som den, Einsteins Anvendelse af det medfører. Desuden forekommer Betegnelsen »Neutralfeltet« mig at pege paa noget væsentligt ved Sagen.

Digitized by Google

vi, bevæge sig jævnt og retliniet i Hvilekoordinatsystemet. Et Koordinatsystem $X_1Y_1Z_1$, der er i Hvile i Neutralfeltet, er altsaa her et Inertialsystem. I det gælder Inertiens Lov, men kun indenfor den betragtede Rumegn; det er altsaa ikke en almen Lov. Det er endvidere kun en Tilnærmelse, da vi ikke kan vente, at Feltintensiteten kan være mere end tilnærmelsesvis konstant indenfor en Rumegn af endelig Udstrækning. Et Koordinatsystem $X_2Y_2Z_2$,

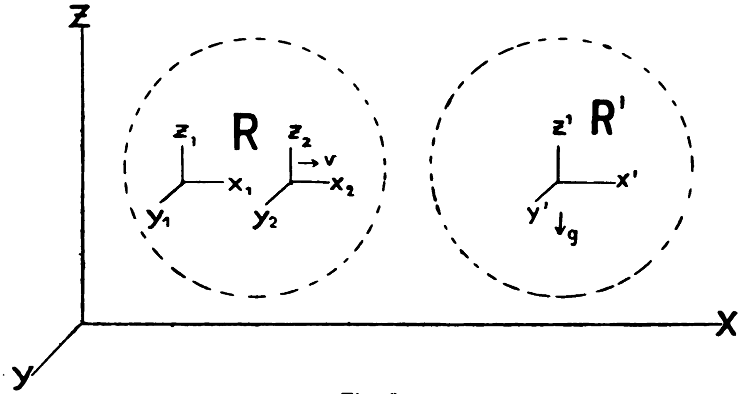


Fig. 3.

der bevæger sig jævnt i Forhold til $X_1Y_1Z_1$, er efter Newtons Mekanik ogsaa et Inertialsystem. Vi vil kalde det i Neutralfeltet hvilende det primære Inertialsystem, de i Forhold dertil jævnt og retliniet bevægede de sekundære Inertialsystemer. — Indenfor en anden Rumegn R' varierer Intensiteten. Et til sig selv overladt Legeme vil da, antager vi, faa en vis af dets Beskaffenhed uafhængig Acceleration i Neutralfeltet i den Retning, i hvilken Intensiteten tiltager stærkest. Vi vil nu antage, at Accelerationen er konstant i Størrelse og Retning indenfor R', der altsaa er et homogent Gravitationsfelt. Vælger vi nu her et Koordinatsystem $X'Y'Z'$, der har den Feltet karakteriserende Acceleration, saa vil et til sig selv overladt Legeme bevæge sig jævnt og retliniet i dette Koordinatsystem; det er med andre Ord et Inertialsystem; vi vil kalde det et feltaccelereret Inertialsystem. Ogsaa blandt de forskellige jævnt og retliniet relativt til hverandre bevægede Inertialsystemer af denne Art indenfor R', vil i et vist Øjeblik et, det primære System, være udmærket fremfor de andre derved, at det har Hastigheden Nul i Feltet; men som Følge af Accelerationen

Digitized by Google

vil det stadig være nye Systemer der faar denne Hastighed. — Tænker vi os, at Jorden befinder sig i et af de ydre Kloder dannet homogent Neutralfelt, kan en lille jordisk Rumegn, f. Eks. omfattende en enkelt Bygning, svare til R' i det af Jord og ydre Kloder tilsammen dannede Felt; et med en i Bygningen frit nedstyrtende Elevator følgende Koordinatsystem, vilde da være et feltaccelereret Inertialsystem. (Vi ser bort fra Jordens Omdrejning).

I Følge det specielle Relativitetsprincip, som vi vil kalde den første Ækvivalenslov, skal $X_1Y_1Z_1$ være ækvivalent med $X_2Y_2Z_2$; og i Følge Einsteins saakaldte Ækvivalenshypotese, som vi vil kalde den anden Ækvivalenslov, skal et Koordinatsystem som $X'Y'Z'$ være ækvivalent med dem. En Iagttager i Rumegnen R' kan derfor ikke af de fysiske Processer, som forløber indenfor denne Egn, afgøre, om Feltet her er homogent eller ej; vi kan derfor betegne Feltet indenfor Rumegnen R' som et pseudohomogent Neutralfelt. (En Iagttager i den nedstyrtende Elevator vil saaledes, hvis den er helt lukket, under Nedstyrtningen gøre ganske samme Erfaringer som, hvis Elevatoren var i Hvile eller jævnt bevæget i et homogent Neutralfelt; Tyngdekraften vil synes at være fuldstændig forsvundet). Kun i en Rumegn med homogent eller pseudohomogent Neutralfelt (d. v. s. strængt taget kun i en infinitesimal Rumegn) kan man lægge Inertialsystemer, og vi kan udtrykke begge de Einstein'ske Ækvivalenslove under et i den korte Sætning, at alle Inertialsystemer er ækvivalente. Man kunde søge en fysisk Forklaring paa Ækvivalenslovene deri, at de paagældende Rumegnes Dimensioner er smaa i Forhold til Afstandene til det ydre feltdannende System, og at dette paavirker alle Legemer indenfor en saadan Rumegn paa samme Maade. Derved bortelimineres denne ydre Paavirkning af Vekselvirkningerne indenfor Rumegnen, saa at den kan lades ude af Betragtning; eller den gør sig i alt Fald blot gældende som en for Processernes Forløb karakteristisk Konstant, der af Iagttagere indenfor Rumegnen kan opfattes som en Verdenskonstant.

Men omend de forskellige Inertialsystemer er ækvivalente, saaledes at man ikke ved Undersøgelse af Processer indenfor den paagældende Rumegn kan skelne imellem dem, saa er de dog paa ingen Maade fysisk ligestillede. Det primære Inertialsystem er virkelig udmærket fremfor de sekundære derved, at det er i Hvile

Digitized by Google

i Forhold til det feltdannende System, altsaa et System af reelle principielt iagttagelige Legemer, der er bestemmende for de fysiske Processer i den betragtede Rumegn. Og ligesaa adskiller et i et homogent Neutralfelt jævnt bevæget Inertialsystem sig fra et i et pseudohomogent Neutralfelt feltaccelereret Inertialsystem ved deres forskellige Bevægelse relativt til det feltdannende System. Kan Iagttageren se udenfor den paagældende Rumegn, d. v. s. modtage Lysbud fra feltdannende Legemer, saa kan han konstatere sin Bevægelse i Forhold til dem. Er der et Vindu i den omtalte Elevator, kan Personen i den saaledes erkende dens Fald — for slet ikke at tale om, naar han kommer til Bunden; saa faar han et meget kraftigt Indtryk af, at det feltdannede Legeme, Jorden, er en Realitet. Og en Iagttager her paa Jorden kan jo ved Iagttagelser fortsat gennem lange Tider konstatere, at Solsystemet bevæger sig med en Fart af henved 20 km i en vis Retning i Forhold til den synlige Fiksstjerneverden.

Hvis man i denne Henseende kunde betragte de synlige Stjerner som fuldgyldige Repræsentanter for den hele for vore Rumegne bestemmende feltdannende Verden, saa kunde man paa denne Maade bestemme det primære Inertialsystem eller med andre Ord Jordens og de jordiske Legemers Hastighed i Neutralfeltet. Nu kan vi ganske vist ikke gaa ud fra, at denne Forudsætning er opfyldt (i Virkeligheden tvinges vi til at antage, at en langt større Verden af Kloder end den synlige Stjerneverden er bestemmende for Neutralfeltet hos os). Men at vi ikke kan iagttage alle de feltdannende Kloder, beror kun paa Begrænsningen i vore Iagtagelsesmidler, og hvad det her kommer an paa, er blot, at det er principielt muligt at bestemme Bevægelsen i det af hele den ydre Verden dannede Neutralfelt, og at vi paa det S. 59 opstillede Spørgsmaal kan give det Svar, at de Koordinatsystemer, som i Einsteins Relativitetslære sættes ækvivalente, fremtræder som ikke fysisk ligestillede, naar vi i Stedet for at holde os til en begrænset Rumegn betragter dem i den større fysiske Sammenhæng, hvori det feltdannende System indgaar.

Naar man, som det var Tilfældet ved den specielle Relativitetslære, lod dette ude af Betragtning, havde man kun med et løsrevet Stykke af Verden at gøre, og paa et saa svagt Fundament var det ikke forsvarligt at bygge dybtgaaende erkendelsesteoretiske

Digitized by Google

Betragtninger og at stille Krav om en Revolution af vor Rum- og Tidsopfattelse. — Tages det feltdannende System med i Betragtning og kender man Bevægelsen i Forhold til det, kan man under Anvendelse af den Lorentz'ske Teori — med Neutralfeltet i Æterens Sted — beregne de til de paagældende Legemers Hastighed i Feltet svarende Forkortninger og Periodeforlængelser. Naar hver Iagttager korrigerede sine Maalestokke og Ure for disse Ændringer, kunde han ved disse Korrektioner naa til en Rum-Tidsindordning af alle Iagttagelser, der vilde stemme med »den primære Iagttagers«. Det er med andre Ord principielt muligt at indordne alt det iagttagne entydigt i et Verdensbillede. Vi kan ogsaa sige, at det er principielt muligt at anskueliggøre Fænomenernes Forløb ved en enkelt mekanisk Model baseret paa Relationer mellem iagttagelige Ting, naar det feltdannende System inddrages i Modellen; hvis dette ikke sker, bliver derimod ethvert Forsøg i denne Retning egentlig vildledende, selv om det maaske med de fornødne Forbehold kan have en vis didaktisk Værdi.

Vi kan betegne den her omtalte entydige Rum-Tidsindordning som kausal, fordi den baserer Rum-Tidsbestemmelsen paa en lovmæssig Sammenhæng mellem Maalestokkenes Længder, henholdsvis Urenes Periodelængder, og Maalestokkenes, henholdsvis Urenes, Relation til reale Legemer (og deres fysiske Egenskaber). Den opfylder derved det Krav, man kan stille til en kausal Beskrivelse, nemlig at Længderne af Maalestokke og Perioderne af Ure ikke regnes for forandrede, uden at man kan angive (eller i det mindste efterspore) noget iagttageligt, som man kan gøre ansvarligt for Ændringen, eller med andre Ord anse som Bærer af Aarsagen til den.

I Modsætning til den kausale Indordning kan man betegne den Einstein'ske Indordning som vedtægtsmæssig. Den har som Grundlag den til det valgte Koordinatsystem knyttede Samtidighedsdefinition, og da Hastighedsbegrebet er uadskilleligt sammenknyttet med Samtidighedsbegrebet*), er ogsaa den Einstein'ske «Lyshastig-

*) Den Hastighed, hvormed et Legeme gaar fra A til B, kan defineres som Forholdet mellem Vejlængden AB og den paa et A-Uhr maalte Tidslængde mellem Legemets Afgang fra A og det med dets Ankomst til B samtidige Tidspunkt. — Dette kan efter vor (men ikke efter den Einstein'ske Opfattelse) bestemmes ved et fra A til B overført Ur, idet den ved Bevægelsen i Neutralfeltet frembragte Standændring tages i Beregning.

Digitized by Google

hed« en Definitionsstørrelse i Relation til det tilfældige Koordinatsystem. Da dette skal være et Inertialsystem, kan det ikke vælges helt vilkaarligt; man kan sige, at det delvis repræsenterer visse for de fysiske Processer (bl. a. Lysbevægelsen) bestemmende Realiteter (nemlig de feltdannende Kloder). Men da Valget imellem de forskellige Inertialsystemer træffes vilkaarligt, d. v. s. ikke bestemmes efter deres Relation til Lysbevægelsen, men efter hvad der er et bekvemt matematisk Hjælpemiddel for den tilfældige Iagttager, kan man sige, at Einsteins saakaldte Lyshastighed ikke — som Lyshastigheden i Hvilekoordinatsystemet (d. v. s. relativt til det feltdannende System) — er en ægte fysisk Størrelse, men en Slags Bastard af Fysik og Matematik. Saa længe man ikke har gjort sig dette klart, virker det i høj Grad forvirrende, at den fremtræder under et ægte fysisk Navn. Det syntes derfor mange absurd, at Lyshastigheden kunde være den samme relativt til to i Forhold til hinanden bevægede Systemer, og det syntes overhovedet urimeligt, at man kunde opstille en bestemt fysisk Lov om Lyshastigheden i Forhold til en Banedæmning, et paa dette kørende Tog og andre Henførelsesystemer, som i og for sig ikke har noget med Lysbevægelsen at gøre. Men der er ikke noget absurd i, at en saadan simpel Lov (Loven om Lyshastighedens Konstans) kan gælde om en Definitionsstørrelse, der er afhængig saa vel af den fysiske Lyshastighed i Neutralfeltet som af de med det valgte Koordinatsystem følgende Maalestokkes og Ures Ændringer ved Bevægelsen i Neutralfeltet. Der er heri intet, som tvinger os til at ændre vor Rum- og Tidsopfattelse. Einsteins vedtægtsmæssige Indordningsprincip staar ikke i nogen reel Strid med det kausale. Det kan betragtes som en matematisk Transformation af det kausale — og det en overmaade værdifuld Transformation, fordi den giver stor Simpelhed i Beskrivelsen.

Hvis nogen vilde stille det Spørgsmaal, om Bevægelserne i Neutralfeltet virkelig frembringer de omtalte Ændringer af Dimensioner og Periodelængder, kan hertil svares, at vi kan opfatte disse Ændringer som virkelige i samme Forstand som alle andre ved iagttagelige Aarsager bestemte Ændringer af Længder og Tider (f. Eks. Ændringer af Maalestoklængder og Urperioder ved Tryk og Temperatur); de er ikke mindre, ikke mere reelle end disse. Som Einstein har fremhævet, er det, vi iagttager ved vore Maa-

Digitized by Google

linger, i og for sig slet ikke Længder eller Tidsrum, men kun »rumtidslige Koincidenser«. Vi konstaterer blot, at et vist Mærke paa en Maalestok falder sammen med et Mærke paa et andet Legeme, og at dette Sammenfald opfattes samtidig med et Sammenfald af en Urviser med et vist Mærke paa Urskiven o. s. v. Flyttes en Maalestok hen i Nærheden af en varm Kakkelovn, vil Enderne af en Stang herhenne maaske straks falde sammen med to Mærker paa Maalestokken med 1000 mellemliggende Delstykker, men lidt efter kun strække sig over 999 Delstykker; vi siger saa, at Maalestokken i den forløbne Tid har forandret sin Længde og søger Aarsagen til denne Forandring i en af Kakkelovnen betinget Varmetilstand i dens Nærhed. En anden Gang fører vi maaske en Messing- og en Staalmaalestok sammen hen til Kakkelovnen og finder at i forkellige Afstande fra den, er Koincidenserne mellem Mærkerne paa de to Maalestokke forskellige; vi siger da, at de begge har ændret Længde, men ulige meget. Paa Grundlag af saadanne og andre Forsøg opstiller vi visse Love for Legemernes Dimensionsforandringer under forskellige Forhold, og ved at anvende disse Love kan vi ved Maalinger med Maalestokke af forskellig Art faa iagttagelige Punkter paa Legemerne rumligt indordnede paa entydig Maade. Dette er vort Kendetegn paa, at Lovene er »rigtige« og Ændringerne »virkelige«, og vi regner med disse, selv naar de ikke træder frem for Iagttagelsen — som f. Eks. naar to Staalmaalestokke sammen føres hen i Nærheden af Kakkelovnen. Nu skjuler de til Bevægelser i Neutralfeltet svarende Ændringer sig ganske vist særdeles godt; men det viser sig dog, at vi ikke kan faa en entydig Rum-Tidsindordning uden at regne med saadanne Ændringer, medens vi derimod opnaar en entydig Indordning ved at indføre dem. Og disse Ændringer staar ligesaa vel som Ændringer ved Temperatur i lovmæssige Relationer til iagttagelige Ting; de indtager derfor med samme Ret deres Plads i en kausal Beskrivelse af Fænomenerne. Principielt er Forholdet det samme i begge Tilfælde, og i ingen af dem behøver vi at tillægge Ordet virkelig eller Ordet Aarsag en eller anden transcendent Betydning.

I det foregaaende har vi i det væsentlige holdt os til de Forhold, hvorom det drejede sig ved den specielle Relativitetsteori, og det var særlig ved denne, en tilsyneladende Mangel paa Kau-

Digitized by Google

salitet sprang i Øjnene. I den almene Relativitetsteori kan det kausale vel være tilsløret ved Fremstillingsmaade og Udtryksmaader, men de feltdannende Legemer (hvis Indflydelse i Formlerne repræsenteres ved de 10 Komponenter af Gravitationspotentialet) optræder dog der som kausalt bestemmende for Lyskrumninger, Spektralforskydninger m. m. I kvalitativ Henseende kan vi endogsaa utvungent føres et godt Stykke i Retning mod de reelle Resultater af Teorien gennem simple Betragtninger af kausal Art og uden at anvende Einsteins Ækvivalenslove og de særlige Einstein'ske Metoder (Anvendelse af firdimensionale Rum-Tidskoordinater, Indførelse af et ikke euklidisk Udtryk for Linieelementet m. m.)

Idet vi sætter Neutralfeltet i Æterens Sted, skal der ved Elektronernes Bevægelse i Feltet frembringes magnetiske Felter. Ved den dertil fornødne Energi forklares Trægheden paa den bekendte Maade. Men naar vi antager, at det er Bevægelsen i Neutralfeltet, der er bestemmende for disse Virkninger, maa vi antage, at de aftager med Feltets Intensitet. I et tomt (ɔ: feltfrit) Rum, kan Bevægelsen intet magnetisk Felt frembringe. Legemets Masse skulde da blive 0, dets Bane ubestemt. Naar saavel Kræfterne mellem Legemerne som deres Masser er af elektrisk Natur, maa vi vente at saavel Dimensioner af faste Legemer som Perioder af periodiske Systemer ændrer sig med Feltintensiteten. De Lorentz'ske Forkortninger, der er kausalt bestemte ved Bevægelsen i Feltet, maa antages at nærme sig til 0 med Feltintensiteten. Kontraktionsfaktoren $\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$ skal altsaa for en Hastighed v nærme sig til 1, d. v. s. c skal nærme sig til ∞ med aftagende Intensitet. Den skal altsaa f. Eks. tiltage, naar man fjerner sig fra Solen, hvad der fører til Krumning i den af Einstein angivne Retning. At Lyset ikke bevæger sig jævnt og retliniet i et varierende Felt synes ogsaa umiddelbart indlysende, naar Lyset antages at være en periodisk, fremskridende Ændring i Neutralfeltets Tilstand. — At Planeterne ikke nøjagtigt kan følge Newtons Love i det varierende Felt, maa ogsaa anses for en Konsekvens af den hele Betragtning.

Naar nu Einstein gennem sine særlige Antagelser og Betragtninger udleder bestemte kvantitative Love for alle disse Forhold, synes det da paa Forhaand lidet sandsynligt, at den almene Relativitetsteori derigennem skulde komme i nødvendig Modstrid med de Principper, som hidtil har ledet den fysiske Forskning.

Digitized by Google

Hvad der særlig bidrager til at fremkalde det Indtryk, at der er en saadan Modstrid, er vel Teoriens Forhold til den euklidiske Geometri. Sagen opfattes ofte saaledes, at Teorien viser, at denne Geometri ikke gælder eller kun gælder med Tilnærmelse for det Rum, hvori vi lever, og bl. a. deraf skulde følge, at den almene Relativitetsteori stiller endnu videregaaende Krav til en Revolution af vor Rum- og Tidsopfattelse end dem, som den specielle Relativitetsteori — med Urette — antoges at medføre; Einstein synes selv at støtte en saadan Opfattelse af Teorien.

Som Eksempel herpaa kan anføres følgende Betragtning fra Einsteins Bog »Ueber die spez. u. die allg. Relativitätstheori« (S. 55, 2. Udg.). Einstein tænker sig her, at Periferi og Radius af en roterende Skive maales med en Enhedsmaalestok (en relativ til Radius lille Stang) af en Iagttager paa Skiven; da finder denne — hvis han kunde maale med tilstrækkelig Finhed — en større Talværdi end 2π for Forholdet mellem Periferi og Radius, fordi Stangen faar en Lorentz-Kontraktion, naar den lægges efter Randen og derved bevæges i sin egen Retning i det Inertialsystem, hvori Skiven drejer sig. Herom siger Einstein nu: »Dermed er det allerede bevist, at den euklidiske Geometris Sætninger ikke kan gælde nøjagtig for den roterende Skive og dermed overhovedet ikke i et Gravitationsfelt, i det mindste naar man overalt og i enhver Orientering tilskriver Stangen Længden 1.« Men i den sidste Sætning er der rigtignok taget et for Opfattelsen af Forholdet afgørende Forbehold; thi ved den kausale Indordning maa vi jo netop ikke gøre dette; vi skal tværtimod korrigere Stanglængden for Lorentz-Forkortningen, og derved fremkommer jo i det betragtede Tilfælde netop den euklidiske Værdi 2π for Talforholdet.*) Det gaar altsaa

*) Dersom Forkortningerne ikke var for smaa, vilde man netop ved en saadan Skive kunne give et stærkt Indtryk af, at de er ligesaa reelle som Ændringer ved Temperatur. Lad os tænke os, at vi paa Skiven, medens den er i Hvile, lægger en Maalestok a langs Randen og sætter Mærker paa Skiven ved dens Ender og tillige en Række Maalestokke b i Flugt efter en Radius fra Centrum ud til Randen. Dernæst sætter vi Skiven i hurtig Rotation. Dens Dele vil da søge at trække sig sammen efter Periferien og dermed koncentriske Cirkler, men ikke efter Radier. Tænker vi os, at Skivens Stof er usammentrykkeligt efter Radierne, vil Resultatet da blot blive, at der opstaar Spændinger efter Cirklerne, uden at disse Linier forkortes. (Om man vilde stille Modsætningen til den Einstein'ske Synsmaade kraftigt op, kunde man sige, at de ikke kan det, fordi den euklidiske Regel, at en Cirkel-

Digitized by Google

her, som man altid tidligere har forudsat, det vilde gaa, at Indførelse af Korrektion for de kausalt bestemte Ændringer bringer Overensstemmelse med de euklidiske Regler (Smlgn. f. Eks. tilsvarende Udmaalinger paa en Skive, hvor Temperaturen aftager fra Centrum mod Randen).

Man skulde da vente, at ogsaa de andre i Relavitetsteorien optrædende Afvigelser fra de euklidiske Regler vilde forsvinde, naar man korrigerer Maalestokke og Ure ikke blot for Indflydelse af Bevægelsen i Feltet, men ogsaa for de Ændringer, som skyldes Variationerne i Feltintensitet. Hvis dette kan opnaas under Anvendelse af Neutralfeltlove, som ikke strider mod de ved den almene Relativitetsteori udledede Relationer, da kan man opfatte denne ligesom den specielle som en matematisk Transformation af en kausal Beskrivelse paa den almidelige Rum- og Tidsopfattelses Grund. Medens man ved en kausal Beskrivelse efter de almindelige fysiske Principper skal lade de af Masserne i Rummet betingede Felttilstande gaa ind i Rækken af de øvrige Legemers Dimensioner, Ures Gang o. a. bestemmende Aarsager, giver man i Einsteins Relativitetsteori »Gravitationen« en Særstilling som bestemmende for »Rummets metriske Egenskaber«; man flytter saa at sige det kausale over i det geometriske. At noget saadant lader sig gennemføre er i og for sig en Opdagelse af største Betydning, og Transformationen har vist sig overordentlig frugtbar, men det er ikke en nødvendig Følge deraf, at vi ikke vedblivende kan tænke os alt det iagttagne indordnet entydigt i et med Tiden varierende Verdensbillede af euklidisk Art.

Einstein har imidlertid, idet han søgte at give sin Teori matematisk Afslutning — at finde Grænsebetingelserne — opstillet den Hypotese, at Verdenskontinuet m. H. t. rumlig Udstrækning

periferi er 2 π Gange Radius, maa respekteres). Da Maalestokken *a* derimod frit kan trække sig sammen, vil dens Ender forlade Mærkerne; Lorentz-Forkortningen fremtræder derved saa direkte og reel, som man kan forlange. Maalestokken *b* forskyder sig derimod ikke paa Skiven, hvorved det kontrolleres, at Radierne ikke forkortes. — I Virkeligheden vil Forudsætningen om Usammentrykkelighed efter Radierne naturligvis ikke være opfyldt, og Forholdet bliver derved mere indviklet; Spændingen efter Cirklerne vil fremkalde nogen Forkortning af Radierne, saa at Maalestokrækken *b* kommer til at rage lidt udenfor Skiven, og den iagttagne Forkortning af *a* vil blive mindre. Er Skiven tynd, kan den slaa sig.

Digitized by Google

er et ikkeeuklidisk tredimensionalt Volumen, som vel har forskellig Krumningsradius paa forskellige Steder, men dog i det store og hele er sfærisk (Sitzungsber. der Kgl. Preussischen Akad. der Wissensch. 1917 S. 142). Hvad nu de lokale Rumsfæriciteter (Afvigelserne fra den gennemsnitlige Krumningsradius) angaar, da har disse deres kausale Basis i de paa forskellige Steder eksisterende Kloder, og de skulde borttransformeres, idet vi indfører Kloderne som Aarsager paa almindelig Vis (gaar fra den geometriske tilbage til den almindelige kausale Beskrivelse); men Rummets almene sfæriske Karakter synes ikke at have en saadan kausal Basis, og vi synes saaledes, hvis Hypotesen er rigtig, ikke at kunne komme tilbage til et euklidisk Verdensbillede.

Det forekommer mig imidlertid naturligere at forestille sig Verdensbygningen under en anden Form, idet vi tager vort Udgangspunkt i den Ordning af Stoffet i Systemer af voksende Størrelsesorden, som vi forefinder som en Kendsgerning, saa langt vore Iagttagelser række. Vi ved, at Atomerne i det væsentlige er samlede i Kloder som Planeterne, Solen o. a. Disse Kloder danner Solsystemer, som er samlede i Stjernehobe, hvilke atter — maaske med Stjernesystemer af mellemliggende Størrelsesorden som Mellemled — danner Mælkevejssystemet. Vi har Grund til at anse visse Spiraltaager, der bl. a. udmærker sig ved større Hastighed end de for Mælkevejssystemets Stjerner gennemsnitlige for Stjernesystemer af lignende Art som vort Mælkevejssystem. Det er nu en nærliggende og sandsynlig Antagelse, at der findes et stort Antal saadanne Systemer, som tilsammen danner et endeligt System af højere Størrelsesorden, og at disse Kæmpesystemer atter danner et endeligt System af endnu højere Størrelsesorden. Naar vi tænker os Stoffet i Verdensrummet samlet i Systemer af i det uendelige voksende Størrelsesorden — og tillige med i det uendelige voksende indbyrdes Afstande, følger vor Tanke da kun den af vore Iagttagelser angivne Linie stedse videre i samme Retning i Stedet for paa indskrænket egocentrisk Vis at standse paa et ganske tilfældigt af vor begrænsede Iagttagelsesevne bestemt Punkt.

Ved denne Opfattelse af Verdensbygningen kan vi nu komme ud over en vis Vanskelighed, ved Antagelsen af en uendelig udstrakt Verden, overalt befolket af Kloder. Dersom Rummet overalt i en tilstrækkelig stor, men endelig Rumegn har en endelig

Gennemsnitstæthed, vilde det Newton'ske Potential og efter »Neutralfelthypotesen« Feltintensiteten faa Værdien ∞ i hvert Punkt, hvad der vilde føre til Urimeligheder. Einstein undgaar denne Konsekvens ved at tænke sig Verden endelig og sfærisk. Vi kan imidlertid ogsaa undgaa den ved »Systemhypotesen«. Naar hvert Systems Udstrækning er ringe i Forhold til Afstandene til dets Jævninge,

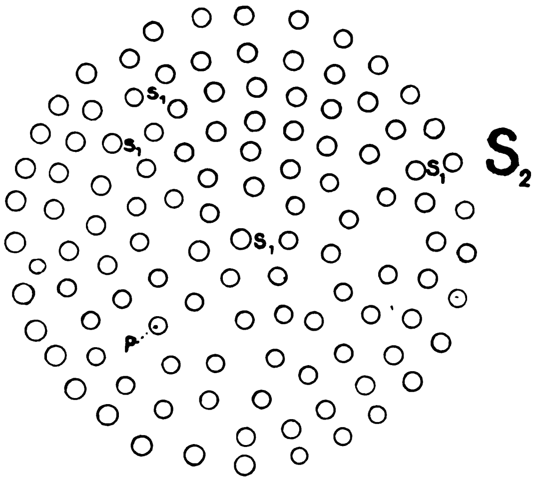


Fig. 4.

ninge, og Antallet af disse er stort, kan Potentialet eller Feltintensiteten i et Punkt i Hovedsagen udtrykkes under Form af en Række, hvor hvert Led betyder Indflydelsen af et af de Systemer, hvori det ogsaa ligger. (I Fig. 4, hvor vi kun har et stort kugleformet System S_2, dannet af et stort Antal smaa kugleformede Systemer S_1, bliver saaledes det Newton'ske Potential i Punktet P tilnærmelsesvis lig $^2/_3\,\pi\mu\rho_1\,(3r_1^2 - a_1^2) + {}^2/_3\,\pi\mu\rho_2\,(3r_2^2 - a_2^2)$, idet μ er Tiltrækningskonstanten, ρ_2 og ρ_1 Gennemsnitstæthederne og r_2 og r_1 Radierne af henholdsvis S_2 og S_1 og endelig a_2 og a_1 Punktets Afstande henholdsvis fra Centret af S_2 og fra Centret af det System S_1, hvori Punktet ligger; dette System giver nemlig taget for sig det første Led, og ser vi bort fra dets Indflydelse, giver S_2 tilnærmelsesvis det andet Led.) Naar blot Systemernes indbyrdes Afstand tiltager tilstrækkelig stærkt med voksende Størrelsesorden, vil Rækken blive konvergent og Feltintensiteten altsaa nærme sig til en endelig Grænseværdi, selv om Universet er uendeligt. Tager

Digitized by Google

man saa mange Led med, at Afvigelsen fra Grænseværdien er ubetydelig, kan man udelade de øvrige Led; Systemerne af højere Størrelsesorden end det, der svarer til det sidste medtagne Led, har da kun en overmaade ringe Indflydelse paa Forholdene i den paagældende Rumegn. Kun en endelig Del af Universet har Betydning for den: »dens fysiske Verden« er endelig.

En saadan Forestilling om Verdensaltets Bygning synes mig at harmonere særlig smukt med den Opfattelse af de fysiske Processer, som udspringer af det kausale Relativitetskrav. Den giver os fuld Symmetri i det hele Univers. I dets fjerneste Egne kan vi tænke os mægtige Stjernesystemer af lignende Art som dem, vi kender, men med andre »feltdannende Verdner« end vor. Hvilekoordinatsystemet for Egne af saadanne forskellige Verdner kan være i hvilkensomhelst Translationer og Rotationer relativt til hverandre. Deres Stillinger og Bevægelser kan vi henføre til et hvilketsomhelst retvinklet euklidisk Koordinatsystem, som vi kan tænke os udstrakt over hele Universet; og alle saadanne Koordinatsystemer er ligestillede m. H. t. Indordning af Fænomerne efter Tid og Rum. Simple Udtryk for de fysiske Love faar vi rigtignok ikke ved Henførelse til et saadant tilfældigt universelt Koordinatsystem, der kun kan være et Inertialsystem for enkelte begrænsede Rumegne Men den Omstændighed, at hvert af Verdensbygningens Systemer — fra de mindste Kloder og opad i Størrelsesordnernes Række — som Regel er meget lille i Forhold til Afstandene til dets Jævninge, er af stor Betydning m. H. t. til Udnyttelsen af den Simpelhed, som repræsenteres af Relativitetsteoriens Ækvivalensprincipper; thi deraf følger, at hele Systemet vil befinde sig i et af dets Jævninge samt højere Systemer dannet pseudohomogent Neutralfelt, og man kan da vælge et Koordinatsystem saaledes, at det er et Inertialsystem for hele den Systemet omfattende Rumegn.

Det vil ogsaa harmonere med dette Verdensbillede at antage, at Gennemsnitsværdierne af de ligestillede Systemers Hastigheder relativt til hverandre tiltager med voksende Størrelsesorden (smlgn. Angivelsen S. 75 om Spiraltaagerne). Lyshastigheden i Rummene mellem ligestillede Systemer vil imidlertid ogsaa tiltage med Størrelsesordenen, da Feltintensiteten aftager, efterhaanden som vi forlader de mindre Systemer. Herved er det dog forudsat, at de

Digitized by Google

Maalestokke og Ure, hvormed Lyshastigheden bestemmes, stadig korrigeres for Feltintensitetens Indflydelse. En Iagttager, der rejste fra vor Rumegn til andre Egne med ringere Feltintensitet medførende Maalestok og Ur, vilde stadig finde samme Værdi for Lyshastigheden, hvis han stadig regnede Maalestokkens Enhedslængde og Urets Enhedsperiode for 1. Man kunde da maaske ogsaa tro, at det overhovedet var umuligt ved Iagttagelser indenfor Solsystemet at mærke, hvis Systemet efterhaanden forlod først vor Stjernehob, saa Mælkevejssystemet, derefter det næste større System o. s. v. Men naar den fra den ydre Verden hidrørende Feltintensitet bliver mindre, maa det af Solsystemets Legemer ydede Bidrag til den hele Feltintensitet i hvert Punkt blive forholdsvis større, og de fra deres Bevægelser — f. Eks. Jordens Rotation — hidrørende Forstyrrelser i Hvilekoordinatsymet bliver da større og skulde tilsidst kunne faa paaviselige Virkninger (smlgn. S. 62). Ligesaa maa f. Eks. Krumningen af en Lysstraale, der passerer forbi Solen, blive stærkere. Det følger heraf, at det er principielt muligt ved Iagtagelser indenfor Solsystemet at undersøge, om det ved sin frie Bevægelse i Stjerneverdenen for Tiden er i »Fald« eller »Stigning«, d. v. s. om det gaar mod Egne med større eller mindre Feltintensitet; at det herved drejer sig om praktisk talt fuldkommen umærkelige Størrelser er en anden Sag.

Spørger man om, hvor stor den feltdannende Verden, som har Betydning for vore Rumegne, vel kan være, da vil man gennem Betragtninger af forskellig Art føres til det Svar, at den er uhyre mange Gange større end den synlige Stjerneverden. Det er sandsynligt, at det Bidrag, det indre Mælkevejssystem yder til den hele Feltintensitet kun er af en Størrelsesorden som en Milliontedel el. lign. af den. Naar man nu tillige betænker, at de Kloder, som skal yde hele Resten af Feltintensiteten, har langt større Afstande end Mælkevejens Kloder, indses det, at man maa komme til ganske overvældende Tal for Massen og Udstrækningen af vor feltdannende Verden; men i og for sig er der ikke noget afskrækkende i, at de nye Teorier saaledes vider Grænserne for den Verden, vi kan erkende, langt ud over vore Øjnes og Kikkerters Rækkevidde.

Efter Systemhypotesen skal der slet ikke gives et bestemt endeligt Tal for Massen og Udstrækningen af vor feltdannende Ver-

Digitized by Google

den. Til hvilken Størrelsesorden af Systemerne man maa gaa, afhænger — foruden af Klodernes Fordeling og Neutralfeltlovene — af den Nøjagtighed, hvormed man ønsker, at der skal gøres Rede for Yderverdenens Indflydelse paa Processerne i vore Egne; den Verden. der yder 0,999 af Feltintensiteten, er saaledes mange Gange større end den, der yder 0,99 af den. Størrelsen af den til en bestemt Nøjagtighedsgrad svarende feltdannende Verden kan endvidere være forskellig for forskellige Egne af Universet.

Efter Einsteins »Sfæricitetshypotese« skulde Massen af den hele fysiske Verden derimod have en ganske bestemt endelig Værdi, hvortil der saa ogsaa skulde svare en bestemt Udstrækning (Krumningsradius) og tillige en bestemt gennemsnitlig Lyshastighed. Men det synes rigtignok udelukket, at man ved Iagttagelser indenfor Solsystemet, de være nok saa nøjagtige, kan bestemme Verdensmassen og Verdenskrumningsradien hver for sig. Jo større man antager Massen, des større finder man ogsaa Udstrækningen (ligesom for den feltdannende Verden ved Systemhypotesen) og dette kan vække Mistanke om, at de teoretisk eksisterende bestemte Værdier kun er Fiktioner.

Netop fra et »relativistisk» Standpunkt synes det tilmed at være en Fordel ved Systemhypotesen, at den ikke fører os til en universel Værdi for Verdensmassen, Verdens rumlige Udstrækning eller Gennemsnitslyshastigheden, og at den muligvis kan befri os for alle universelle Konstanter. Til Gengæld afskærer Systemhypotesen antagelig Muligheden for, at man kan give Einsteins Relativitetsteori den matematiske Afsluttethed, som Einstein og andre har søgt, men dette forekommer mig ogsaa snarere at være et matematisk end et fysisk Ideal.

Digitized by Google

Røntgenstraalingens Betydning for den kvantitative kemiske Analyse.

Af H. Fricke.

Det er en kendt Sag, at hvert Grundstofatom har sit karakteristiske System af Spektrallinier, der strækker sig fra det yderste ultrarøde til det yderste violette.

De sidste Aars Undersøgelser har vist, at der desuden tilkommer hvert Atom en Række Spektrallinier i det Bølgebreddeinterval, som Røntgenstraalingen strækker sig over.

Begge Arter af Spektrallinier faas bedst i elektriske Udladningsrør; de sidste i de specielle, vi benævner Røntgenrør.

Vil man have et kemisk Elements Røntgenspektrum, anbringer man simpelthen en eller anden kemisk Forbindelse af det paa Antikatoden i et Røntgenrør. Den spektrale Opløsning sker ved en Krystal. En saadan virker paa Røntgenstraaler som et Gitter paa almindeligt Lys; Atomrækkerne i den første svarer til de ridsede Linier i det sidste.

Da Røntgenstraaling jo ikke virker paa Øjet, maa Spektret observeres ved Fotografering.

Foruden Evnen til at udsende et vist Røntgenspektrum har hvert Grundstofatom ogsaa en anden meget simpel karakteristisk Egenskab knyttet til Røntgenstraaling; det er den, at der for visse bestemte Bølgebredder finder Spring i dets Absorption af Røntgenstraaling Sted. Disse Bølgebredder kalder vi vedkommende Grundstofatoms Grænsebølgebredder.

Vi kan paa en simpel Maade bestemme dem. Foruden den lige omtalte, paa enkelte Bølgebredder fordelte, Røntgenstraaling vil der nemlig desuden fra Antikatoden i et Røntgenrør udgaa en kontinuert Røntgen-Straaling (analogt til det Lys, der udsendes af et glødende Legeme). Vi kan under Brug af en Krystal fotografere den kontinuerte Straaling paa samme Maade som Linierne; den giver en kontinuert Sværtning paa Pladen. Anbringer vi Grundstoffet — ligegyldigt i hvilken Blanding eller kemisk Forbindelse — i Straalingens Vej, vil det omtalte Spring i Absorptionen give sig til Kende ved et Spring i Sværtningen paa Pladen; vi faar, hvad vi kalder en Absorptionskant (Fig. 1).

Digitized by Google

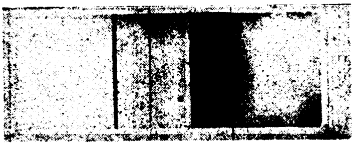


Fig. 1.

En Fotometrering af Pladen giver en Sværtningskurve som vist i Fig. 2.

Fig. 2.
(Absorberende Grundstof Al, 189 mgr. pr. cm²).

Udmaaler vi Absorptionskanternes Beliggenhed paa Pladen, kan de tilhørende Grænsebølgebredder beregnes.

Har vi et vist Stof og ønsker at vide, hvilke Grundstoffer det indeholder, kan vi altsaa paa to Maader naa til dette ved Røntgenstraalingens Hjælp. Vi kan fotografere Stoffets Røntgenemissionslinier eller Stoffets Absorptionskanter. I begge Tilfælde kan vi ved at slaa op i Tabeller, der giver Bølgebredderne for alle Grundstoffers Røntgenspektrallinier og Absorptionskanter bestemme, hvilke Grundstoffer der var i Stoffet.

En Analyse for Grundstofatomer ved Røntgenstraaling er langt bekvemmere og mere anvendelig end Analyse ved almindelige Spektrallinier og Absorptionslinier (respektive Baand). Dette beror bl. a.

Digitized by Google

paa den i Almindelighed langt simplere Frembringelsesmaade og særlig paa Røntgenspektrenes simple og konstante Bygning.

Vi kan indskyde, at man i de sidste Aar af og til har benyttet Røntgenstraalingsmetoden til at undersøge kosmetiske Sten for nogle af de Grundstoffer, som vi ifølge det periodiske System antager eksisterer, men som til Dato ikke er fundet.

Benyttelsen af Absorptionskanterne ved en Analyse byder den Fordel, at Stoffet, der analyseres, ikke ødelægges; ogsaa det Forhold, at den Glastube eller lignende, i hvilket Stoffet haves, da ikke behøver at aabnes, for at Analysen kan udføres, kan af og til have Betydning.

Men denne Metode byder desuden en Fordel af en ganske anderledes stor Betydning. Det er den, at den, naar den nødvendige Teknik er blevet uddannet, vil kunne give de nøjagtigste kvantitative Oplysninger.

Det Forhold, at de hidtil anvendte Analyser ved Spektrallinier næsten ikke tillader at drage noglesomhelst kvantitative Slutninger, er det netop, der har gjort, at disse hidtil ikke har haft nogen særlig Betydning.

Naar man vil gøre en kvantitativ Analyse ved Absorptionskantmetoden, tager man, som ovenfor beskrevet, et Fotografi af en Absorptionskant for det Grundstof, man analyserer for. En Fotometrering af den opnaaede fotografiske Plade giver Fotometerkurven i Fig 2. Vi vil gaa ud fra, at Ordinaterne i Kurven giver et rigtigt Maal for Røntgenstraalingsintensiteterne i Spektret; vi kan da ved Udmaaling af denne bestemme Røntgenstraalingsintensiteterne J_1 og J_2 (se Fig. 2) paa de to Sider af Kanten.

Vi vil kalde Masseabsorptionskoefficienterne for vedkommende Grundstof svarende til de to Sider af Kanten μ_1 og μ_2 og antager, at vi har haft x gr. af Grundstoffet i den undersøgte Blanding. Da haves:

$$J_1 = J_0 e^{-\mu_1 x}$$
$$J_2 = J_0 e^{-\mu_2 x} \qquad \text{d. v. s.}$$
$$\frac{J_1}{J_2} = e^{-(\mu_1 - \mu_2) x}$$

Da μ_1 og μ_2 er Størrelser, vi kender, kan x bestemmes.

Det vil være praktisk at arbejde med saa meget af Stoffet, at $\frac{J_1}{J_2}$ $=$ ca. $\frac{1}{e}$ d. v. s. $(\mu_1 - \mu_2)\,x =$ ca. 1. Den procentiske Nøjagtighed,

Digitized by Google

hvormed x kan bestemmes, er da den samme som den, hvormed $\frac{J_1}{J_2}$ kan bestemmes.

Da Grundstoffernes Absorption af Røntgenstraaling vokser meget stærkt med Atomvægten, kan Analyse ved Absorptionskanter altsaa ikke bruges overfor et Grundstof, der forekommer i ringere Mængde i en Blanding af Stoffer med meget højere Atomvægte. Bestemmelsen af $\frac{J_1}{J_2}$ med stor Nøjagtighed er med den Teknik, der i Øjeblikket er naaet paa dette Felt, ikke ganske let.

Vi har som Detector for Røntgenstraalingen kun omtalt den fotografiske Plade. Som bekendt egner den sig ikke særlig godt til Intensitetsmaalinger, idet Sværtningen dels ikke er ligefrem proportional med Straalingens Intensitet, dels afhænger af andre Forhold, som Fremkaldelsestid etc. Imidlertid har man i »Ionisationskammeret« en Detector, hvor en tilsvarende Vanskelighed ikke kommer ind.

En anden Vanskelighed ved den fotografiske Metode er Eliminationen af Pladesløret, d. v. s. den Sværtning, der ikke skyldes den fra Krystallen direkte reflekterede Røntgenstraaling, men som har anden Aarsag — særlig den fra alle Dele af Spektroskopet diffust reflekterede Røntgenstraaling.

Særlig bekvem og nøjagtig vil Absorptionskant-Metoden være i det i Praksis meget vigtige og almindelige Tilfælde, at det drejer sig om en regelmæssig Undersøgelse af Prøver af et næsten konstant Fabrikationsprodukt — spc. for Urenheder.

Den Metode, der her er beskrevet, er endnu ikke prøvet i Praksis; utvivlsomt har Tekniken allerede nu paa dette Felt naaet en saadan Finhed, at den med Fordel vil kunne anvendes under mange Forhold. Jeg vil kun nævne et saadant Felt som Fremstilling af kemisk rene Grundstoffer (sp. Platin).

Den Betydning, Metoden ved den stadig større Forfining af Tekniken vil kunne faa, kan næppe skattes for højt.

Jefferson Physical Laboratory, Harvard University. U. S. A.
Januar 1920.

Digitized by Google

Brev fra Rasmus Rask til H. C. Ørsted.

Meddelt af M. C. Harding.

I 1814 udgav H. C. Ørsted Skriftet: Tentamen nomenclaturæ chemicæ omnibus linguis Scandinavico-Germanicis communis. I Skriftet, der udkom i Anledning af Universitetets Reformationsfest, foreslaar Ørsted nye Betegnelser i de skandinaviske og germanske Sprog for en Række vigtige kemiske Stoffer. Forslagene er omhyggelig begrundede og har uden Tvivl kostet Ørsted lang Tids Overvejelse. Af det nedenfor gengivne Brev fra den 24-aarige Volontør ved Universitetsbiblioteket Rasmus Rask ser man saaledes, at Ørsted allerede før den 28. Januar 1812 har afæsket den unge Sprogforsker hans Mening om de tre vigtigste af de nye Betegnelser: Ilt, Brint og Ætse.

Brevet, der saavidt mig bekendt er det eneste opbevarede Brev mellem de to Videnskabsmænd, har jeg meddelt til »Danske Studier«, hvor det findes trykt i Aargang 1919 S. 71—73; men da det giver Bidrag til den kemiske Nomenklaturs Historie i Danmark, har det formentlig ogsaa nogen Interesse udenfor Sprogmændenes Kreds og gengives derfor her. Brevet opbevares paa Universitetsbiblioteket i København blandt H. C. Ørsteds efterladte Papirer.

Kjøbenh. d. 28. Jan. 1812.

Uagtet det langt fra ikke er noget betydeligt, der er faldet mig ind ved at eftertænke de 3 ny Ord, vil jeg dog tage mig den Frihed at skrive Hr. Professoren Resultatet eller det vigtigste deraf. Jeg haaber, De vil anse det som et Bevis paa, at jeg dog har tænkt derpaa, og til Undskyldning for Ubetydeligheden kan maaske Begrebernes Nyhed og Ejendommelighed saavel som Sprogets Beskaffenhed tjene mig, ti hvor intet er, der har Kejseren sin Ret forloren.

Imod Ilt eller Ildt kan siges, at der findes ingen saadan Endelse eller Afledningsmaade i Sproget hvor et Navneord dannes af et andet ved at sætte et *t* til, og hvor det nydannede faar Betydning af Princippet eller Grundstoffet til hint. Det er altsaa om ikke imod saa dog heller ikke efter nogen forhaandenværende Lighedsregel i Sproget. Alle Ord paa t er sikkert enten dannede af Tillægsord eller Gjerningsord og betegne snarere en abstrakt Egenskab eller Virkning end et concret Grundstof. Har jeg ikke fejlet heri saa kan vel Ordet næppe passere som godt dansk. — Men det er lettere at rive ned end bygge

Digitized by Google

op, jeg maa tilstaa, der har intet andet kundet falde mig ind end at tage det samme Ord Ild i en anden ældre Form og tillægge det vilkaarlig en saadan Betydning. Det hedder paa Islandsk e l d r, kunde man da ikke deraf tage (en) Eld (et Elde), at elde, eldet, E l d n i n g, med en Æ l d e, æ l d e s osv. kunde det ikke forveksles, ej heller med Ild. Vel kunde dette synes ligesaa uhjemlet af Sproget; men her optages ingen ny Afledningsendelse, ej heller anvendes nogen gammel paa brugstridig Maade. Her gjøres altsaa ikke den allermindste Vold paa Sprogets Indretning. Ej heller er det uden mange lignende Exempler i afledte Sprog at optage et gammelt Ord af Stamsproget med ny Betydning skjønt man allerede dengang havde det i anden Form. Saaledes have vi af isl. lopt gjort Loft, Luft og Lugt. Af Tysken have vi ligesaa optaget t r æ f f e, skjønt vi allerede havde d r æ b e o. m. f. Med Navne er det samme hyppig Tilfældet, de nyere ere altid nærmere Grundsproget, og tillige ansete som f o r n e m m e r e, f. Eks. Anders Andreas, Mads Mathias, Peter Peder Petrus o. m. fl. Det samme er ikke sjælden Tilfældet i Fr. og Engelsk f. Eks. spright og spirit. Det forekommer mig derfor at E l d har mindre imod sig og mere for sig.

B r i n d (eller B r i n d t) har det imod sig at alle de korte Afledsord af Verba betyde en Handling, Virkning el. desl., denne Fejl bliver tydeligere i den sidste Form Brindt lig Flugt, Ridt o. desl. hvorfor jeg og holder B r i n d bedre, det kunde anses som en Variant af Brand omtrent som Eld af Ild, kun skade at man formedelst de øvrige Afledninger ikke kan sige B r æ n d. Saaledes mener jeg altsaa at E l d og B r i n d nogenledes i Nødsfald kunde passere.

Dog burde man sikkert ikke saaledes danne eller optage ny Stammeord, uden højeste Nødvendighed; ti de ligge ganske uden for Orddannelsen i Sproget, hvilken blot gaar ud paa at danne Afledsord eller Sammensætninger, og den sidste Kilde er netop i vort Sprog den rigeste, men netop tillige den fjærneste fra ny Stammeords Dannelse.

Der antages sikkerlig og foruden disse endnu endel Stoffer, og disse benævnes vel som sædvanlig med Stof saasom: Lysstof, Varmestof, Kulstof, nu maatte vel alle disse ogsaa have ny Navne eller og man kunde beholde -stof ogsaa i hine to og sige I l d s t o f, B r æ n d s t o f. Dette vilde jeg anse for det allerbedste, dersom det paa nogen Maade gik an, at udtrykke de Ord der skulde afledes deraf ved en nogenledes taalelig Omskrivning, f. Eks. forbinde med, skille ved, Ildstof o. s. v.

Til Alkali, hvorom jeg har et meget dunkelt Begreb, har jeg ikke

Digitized by Google

kundet finde paa noget andet end en Ætse: ætse kan dog siges at være optaget i Sproget, og det passer her saa meget bedre som ætsende netop bruges om Alkalierne.

Endelig synes jeg at have bemærket at alle ny Ord af Fælleskjøn støder mindre end de af Intetkjønnet, man maatte vel altsaa sige en Ætse, ligesom og en Eld, en Brind, hvilket var saa meget mere nødvendig ved de sidste naar de skulde passere som et Slags Varianter af Ild, Brand. Man har virkelig tidt fejlet imod denne Regel ikke blot i ny Ord, men selv i gamle f. Eks. man har sagt et Punkt da dog en Punkt i Isl. Sv. Tysk overalt er af Fælleskjønnet ligesom en Synspunkt. — Hauch skriver ogsaa en Stof ventelig efter der Stoff, hvorfra det og ligefrem er taget. Dog dette vedkommer egentlig ikke denne Materie, jeg vil derfor slutte med at anbefale Dem

Deres

R. Rask.

P. Sc. Siden Alkalier modsættes Syrerne altsaa ikke passende har Navn tilfælles med dem, kunde man da ikke indskrænke Ordet Salte til at betegne Alkalier, og forkaste Ordet Sursalte, eller bruge det i stedet for Middelsalte. Dog da jeg har saa dunkelt et Begreb om disse Legemer eller Materier og deres Forholde, véd jeg ikke om dette kan gaa an.

Fysik i Skolen.

Fysik og Sløjd. En Lampe-Fordelingstavle.

Af A. Thorup.

Da Ammoniumklorid og navnlig Kaliumdikromat under Krigen steg til de kendte enorme Priser, maatte vi i vor Fysiksløjd ophøre med at lave de Salmiak- og Kromsyreelementer, som vi brugte til Skoleforsøg*), og som Eleverne anvendte til deres Eksperimenteren hjemme med deres egne selvlavede Apparater. Vi gjorde saa Forsøg med forskellige Former af Lampemodstande, som kunde tage Strøm fra et Lampested eller en Stikkontakt og regulere den, saaledes at den kunde yde en passende Spænding og Strømstyrke til Skoleforsøg og til de Apparater, Eleverne fremstillede i Fysiksløjd. Den neden for beskrevne

*) Se »Fys. Tidsskr.« 14 Aarg. S. 76 og A. Thorup: »Fysik og Sløjd«, Gyldendal 1916.

Digitized by Google

Type er den, vi har anvendt mest og fundet mest praktisk. Eleverne har i de sidste to Aar lavet ca. 60 af den Slags til deres eget Brug hjemme.

Da den kan fremstilles af billigt Materiale og er saa enkel i Konstruktionen, at den uden Vanskelighed kan laves af enhver nogenlunde fingernem Lærer, har jeg tænkt mig, at den kunde have Interesse for en Del Fysiklærere, navnlig for de Fysiklærere, som ikke har en For-

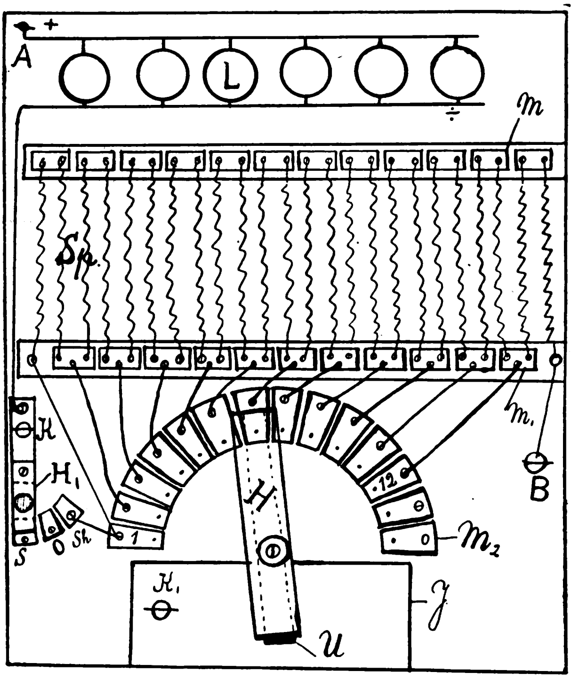


Fig. 1.

delingstavle til Raadighed paa Skolen, og for de Lærere, der gerne vilde give deres Elever Vejledning i at lave simple Fysikapparater.

Fig. 1 viser Apparatet set oven fra. Grundbrædtet er 45 × 34 × 2,5 cm, og de to Tværlister, som bærer Spiralerne *Sp*, er 33 cm lange og er formede som vist i Fig. 2. Ledningen fra Lampestedet eller fra en Stikkontakt sættes til Klemmeskruerne *A* og *B*, saaledes f. Eks. at + Ledningen sættes til *A* og ÷ Ledningen til *B*. Mellem + og ÷ Ledningen indskydes 6 Kultraadslamper *L*, og ÷ Ledningen føres hen til Klemmeskruen *K*, som er fastskruet gennem Messingstykket, der bæ-

Digitized by Google

rer det lille »Indstillingssving« H_1. Dette kan føres hen over Messingpladerne *O* og *Sh* og vil, naar det stilles paa *Sh*, lede Strømmen over i Spiralerne *Sp*. Hver af disse Spiraler bestaar af en ca. 0,8 mm tyk og ca. 2 m lang Konstantantraad, der har en Modstand paa 1,5 Ohm. De er snoede paa et særligt Spoleapparat, som vi anvender til Spoling af Traadruller til Elektromagneter; men de kan med Lethed snoes om en Jernstang paa ca. 0,6 cm Diameter. Spiralens Diameter vil saa

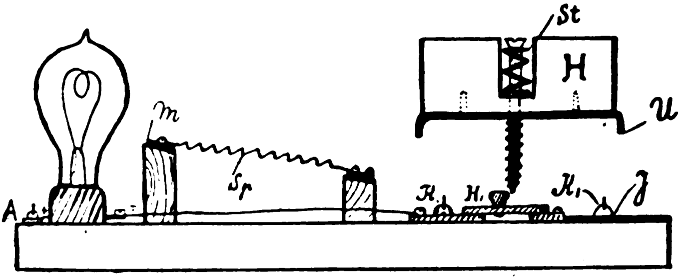


Fig. 2.

blive ca. 1 cm. Fig. 1 viser, hvorledes Spiralerne anbringes paa Messingstykkerne i Rækkerne *M* og M_1. Konstantanspiralerne er ved 0,7 mm tykke Kobbertraade forbundet med Messingpladerne M_2, som udgør den halvcirkelformige Figur. De anvendte Messingplader er alle 1 mm tykke, og Traadspiralerne og Kobbertraadene er forbundne med Messingpladerne ved Hjælp af Skruer.

»Reguleringssvinget« *H*, der glider hen over Messingpladerne M_2 og den fortinnede Jernblikplade *J*, er vist paa en særlig Tegning i Fig. 2. Den bestaar af en U-formet Messing- eller Jernbøjle *U*, der er skruet fast paa Træklodsen *H*; i denne er der boret et Hul i Midten til Jernskruen og Staalspiralen *St*. Ved Hjælp af denne Staalspiral og Jernskruen, som skrues fast i Grundbrædtet, kan *H* spændes fast mod Underlaget, saaledes at der kommer passende Kontakt.

M a t e r i a l e r n e til Apparatet kan let skaffes til Veje for smaa Midler (dog er det vanskeligt i Øjeblikket at angive Prisen paa de enkelte Dele). Vi bruger 25-Lys Kultraadslamper, som er de billigste og giver Apparatet mere Strøm end Metaltraadslamper med samme Lysstyrke. Lampefatningerne kan laves af Metalgevindene fra brugte Lamper, idet man skærer dem op i den ene Side og støber dem fast i Gibs eller Cement. En Traadspiral kan paa lignende Maade anvendes og støbes i Gibs eller Cement for at undgaa Brudfare ved Gnistdannelse.

Digitized by Google

Jærnskruer overtrukket med Messing er lige saa gode som de meget dyrere Messingskruer. Klemmeskruerne A, B, K og K_1 laves af en Maskin-Messingskrue, hvori der er loddet en lille Metalplade i Kærven. (Se »Fysik og Sløjd« S. 17).

Apparatets Anvendelse.

Strømstyrken reguleres ved Indskydelse af Lamper. Er der een Lampe (25-Lys Kultraadslampe og 220 Volt), er Strømstyrken i Ledningen ca. 0,25 Amp., og den tiltager med denne Størrelse for hver Lampe, der indskydes, saaledes at den bliver ca. 1,5 Amp., naar alle 6 Lamper er indskudt. Anvendes 50-Lys Lamper eller forøges Lampernes Antal, kan Strømstyrken blive større, men i Almindelighed er 1,5 Amp. nok til de fleste af de Forsøg, det her drejer sig om.

Spændingsforskellen kan reguleres paa flere Maader. Naar H_1 staar paa S som Fig. 1 viser, og man indskyder et Apparat mellem K og K_1, saa er dette Apparat indskudt i Serie med Lamperne, og saa udskydes Modstandsspiralerne, naar H drejes fra Messingpladen 1 til 12 og indskydes, naar H drejes modsat Vej, idet Strømmen gaar fra K_1 gennem Jernpladen J over i Metalbøjlen U til Messingpladen og videre til B.

Som Regel har man mest Brug for lav Spænding — fra 2 à 3 Volt og indtil 10—20 Volt — og en Strømstyrke paa 1—2 Amp. til de fleste Skoleforsøg. Denne Spænding kan man faa ved at indskyde det Apparat, man vil benytte, i Shunten, i Ledningen mellem K og K_1, naar H_1 er ført over paa Pladen Sh. Strømstyrken reguleres stadig ved Antallet af Lamper, der er indskudt. Spændingsforskellen reguleres ved Hjælp af Strømstyrken og ved Indskydelse af Modstand mellem Shuntens Endepunkter. Modstanden indskydes ved at dreje H fra Messingpladen 1 til Messingpladen 12.

Staar H f. Eks. paa Messingpladen 2, og er der 2 Lamper indskudt (0,5 Amp.), saa er Modstanden 3 Ohm og Spændingen

$$= 3 \text{ Ohm} \times 0{,}5 \text{ Amp} = 1{,}5 \text{ Volt.}$$

Er der indskudt 6 Lamper, er Strømmen 1,5 Amp., og saa er Spændingen

$$= 3 \text{ Ohm} \times 1{,}5 \text{ Amp.} = 4{,}5 \text{ Volt.}$$

Drejes H fra Messingpladen 1 mod Messingpladen 12, vokser

Digitized by Google

Spændingen proportionalt med den indskudte Modstand og naar til ca. 54 Volt, naar *H* hviler paa Pladen 12, og Strømstyrken er 1,3 Amp.

Spændingen = 36 Ohm × 1.5 Amp. = 54 Volt.

Ønskes højere Spænding, kan man indskyde flere Spiraler.

Naar alle 6 Lamper er indskudt i Ledningen, og *H* staar paa Messingpladen 2, er Strømstyrken noget mindre end, naar *H* staar paa Messingpladen 12, fordi den mellemliggende Modstand mellem 2 og 12 svækker Strømmen i Shunten; men dette spiller ingen Rolle for Apparatets Anvendelse.

Dette Apparat har vi lavet i 3. og 4. Mellemskoleklasse og i Realklassen og har haft megen Glæde af det. Det er ikke alene et nyttigt og kærkomment Apparat for Drengene, men det er ogsaa et let haandterligt og et meget lærerigt Apparat, fordi det giver dem praktisk Begreb om Enhederne Volt, Ampère og Ohm, og det gør dem det muligt at anvende alle deres selvlavede elektriske Apparater alle Vegne, hvor de har Ligestrøm.

Et Varmeudvidelsesapparat.

Af Helge Petersen.

Ved en Temperaturforskel paa 100° og en Længde af Forsøgslegemet paa ca. 30 cm bliver Varmeudvidelsen for mange Metallers Vedkommende tilstrækkelig stor til, at den kan maales direkte med en Mikrometerskrue; og man vil ved Anvendelsen af en saadan kunne undgaa det sædvanlige Arrangement med Vægtstænger til at »forstørre« Udvidelsen med, der dog i nogen Grad tilslører det centrale ved Forsøget. I det følgende skal beskrives et Apparat, der er konstrueret efter dette Princip.

Apparatet er i det væsentlige at betragte som en Mikrometerskrue med usædvanlig stor Spændvidde. I den skematiske Figur 1 er *a* en noget over 30 cm lang Metalstang, til hvis Ender der er fastgjort to ret svære »Lapper«, *b;* i den ene er der indlagt en Cyklekugle, og modsat den, i den anden Lap, findes Mikrometerskruen. Forsøgslegemet er tildannet som en c. 30 cm lang og 1 cm tyk Stang, *d* i Fig. 1; den er omgivet af et 5—6 cm vidt Glasrør med 2 Afløbsrør og holdes paa

Digitized by Google

Plads midt i dette af to tynde Korkskiver, saaledes at Stangens Ender netop stikker ud gennem disse. Røret med Stangen lægges paa Plads paa et Par Gafler, saa at denne befinder sig nøjagtig mellem Cyklekuglen og Mikrometerskruens Endeflade (se Fig.). Hele Systemet *bab* er fastskruet til to ca. 10 cm høje Søjler; Skruehovederne ses paa de to Lapper. (Den ene Skrue er dog ikke spændt helt til, ligesom det

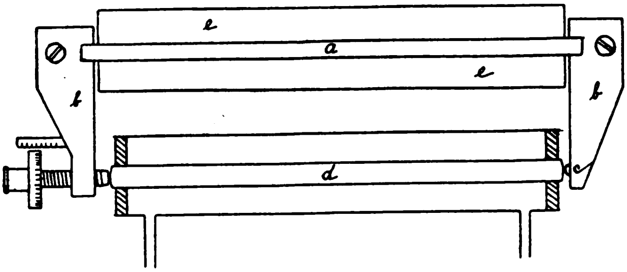


Fig. 1.

tilsvarende Hul i *b* er rigeligt stort, for at Temperaturforandringer ikke skal bøje *bab*). Om *a* er hængt en Blikbeholder, *e*, der omslutter den i hele dens Længde.

Naar Apparatet skal benyttes, fyldes først *e* og Glasrøret om *d* med skrabet eller fint knust Is (Sne). Glasrøret med *d* lægges paa Plads og forskydes forsigtigt til *d* netop berører Cyklekuglen; derefter indstilles Mikrometerskruen til Berøring med *d*'s anden Ende, og dette gentages, indtil Aflæsningen er konstant; *a* og *d* antages da begge at have Temperaturen 0°. Der ledes saa Damp af kogende Vand ind i Glasrøret om *d*, hvorved Isen efterhaanden smelter og Stangen opvarmes. M a n m a a h e r h u s k e a t l ø s n e M i k r o m e t e r s k r u e n f ø r s t, for at ikke Stangens Udvidelse skal bøje *bab*. Naar Isen er smeltet og Dampen begynder at staa kraftigt ud af det andet Afløbsrør, foretages paa ny Indstillinger med Mikrometerskruen, indtil konstante Aflæsninger; *d* antages da at have Temperaturen 100°; eventuel kan et Thermometer stikkes ind gennem den ene Korkskive og anbringes med Beholderen i Berøring med *d*.

Det er selvfølgelig af stor Vigtighed, at *a* under hele Forsøget holdes paa 0°; det maa derfor stadig paases, at den er helt tildækket af Is, bortsmeltet Is maa fyldes efter, o. s. v., hvorfor Beholderen e ogsaa er forsynet med et let aftageligt Laag.

Digitized by Google

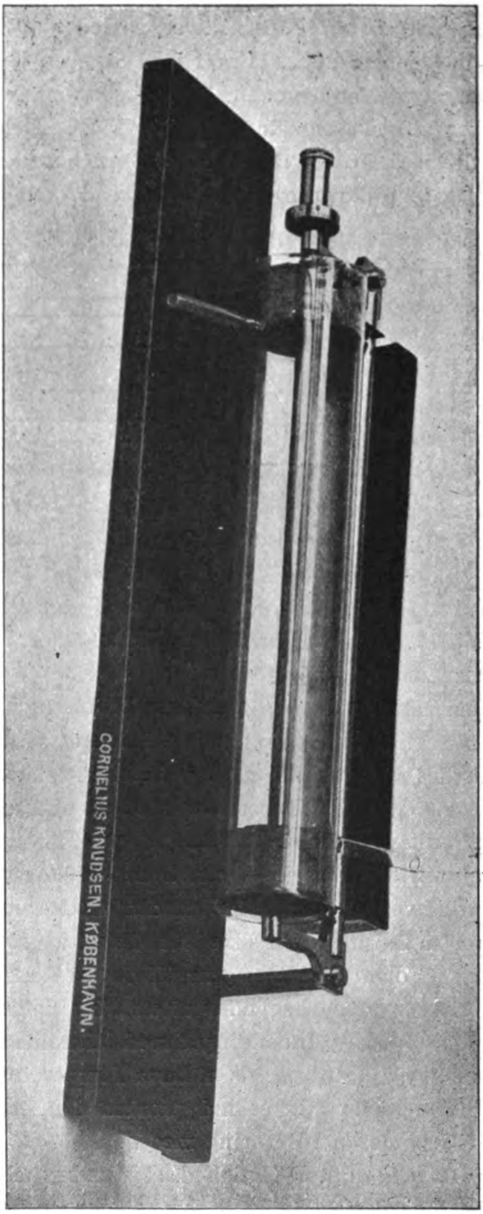


Fig. 2.

Digitized by Google

Apparatet har med Held været anvendt til Øvelsesbrug i Gymnasiet; fra en Rapport hidsættes her flg. Maaling: Mikrometerskruens Stilling, da Stangen var 0^0: 5.81; Mikrometerskruens Stilling, da Stangen var 100^0: 6.36; heraf Udvidelsen = 0.55 mm. Stangens Længde $= 30.2\,\text{cm}$, altsaa $\alpha = \frac{0.055}{30.2 \times 100} = 0.0000182$ (Stangen var af Kobber)

Fig. 2 viser selve Apparatet; det er fremstillet af Firmaet Corn. Knudsen.

Svenske Eksamensopgaver.

Uppgifter i Fysik, Studentexamen V. T. 1919.

1. *G* är tyngdpunkten i en homogen, jämntjok, triangulär skiva *ABC*. Visa, att de krafter, som till storlek och riktning representeras av linjerna *GA*, *GB* och *GC*, hålla varandra i jämnvikt.

2. Från en punkt på den horisontella marken utslungas en kula mot ett vertikalt föremål, som står på marken 200 m från kastapparaten, och nedfaller vid föremålets fot. Kulan utslungas i en riktning, som bildar 34^0 med horisontalplanet. Huru högt ovan marken ligger den punkt på föremålet, som kulan träffar, om den med samma hastighet utslungas i en riktning, som bildar 40^0 med horisontalplanet?

3. Ett upptill slutet och nedtill öppet cylindriskt, jämntjockt rör, som är 600 mm långt, nedsänkes i vertikal ställning i en sjö till sådant djup, att vatten intränger till $^4/_5$ av rörets längd. Huru långt under vattenytan befinner sig rörets nedersta ända? Luftens temperatur över vattenytan är 20^0 och vattnets temperatur vid djupet i fråga 10^0. Barometertrycket var vid försöket 720 mm. Vattnets sp. vikt kan överallt anses vara lika med 1. Luftens utvidgningskoefficient är $^1/_{273}$ och kvicksilvrets sp. vikt $13{,}_6$. Trycket av den i röret befintliga vattenångan kan försummas.

4. Två stavar, vilkas längder vid 0^0 äro 50 cm vardera, den ena av zink, den andra av glas, stå nära intill varandra vertikalt på ett fast horisontellt underlag. I övre ändan äro båda stavarna försedda med skarpa, horisontella eggar, vilka äro sinsemellan parallella och vinkelräta mot sammanbindningslinjen mellan stavarnas ändpunkter. Avståndet mellan dessa egggar är 2 cm. På eggarna vilar en liten planspegel, vilken träffas (vinkelrätt) av ett svagt konvergerande vertikalt

Digitized by Google

stralknippe, vilket på en horisontell skala, belägen 1 m ovanför spegeln, alstrar en skarp ljuslinje (parallell med eggarna). Då båda stavarna omgivas med smältande is, faller nämnda ljuslinje på skalans nollpunkt. Om stavarna omgivas med vatten av 50^0, flyttar sig ljuslinjen $5._{25}$ cm (åt glasstavens sida). Zinkens längdutvidningskoefficient är $0._{000030}$, beräkna glasets.

5. Ett kameraobjektiv skall bestå av två tunna, lika, positiva linser. Vardera linsens brännvidd är 20 cm. Huru stort skall avståndet mellan linserna vara, för att en skarp bild av förmålet, som anses ligga på oändligt avstånd, skall falla på platen, om dennas avstånd från närmaste lins skall vara 9 cm?

6. I en kalorimeter, som innehåller vatten, omrörare och termometer, är införd en smal platinatråd, elektriskt isolerad från vattnet. Man har funnit, att en värmemängd av 200 gr. kalorier förmår höja temperaturen i kalorimetern med dess innehåll jämt 1^0. I kalorimetern, vilkens temperatur är $18^0,_0$, nedlägges en liten isbit av 0^0. Efter dennas smältning befinnes temperaturen i kalorimetern vara $15^0,_{44}$. Genom en elektrisk ström av $1,_{15}$ amp., som sändes genom platinatråden, uppvärmes därefter kalorimetern, och efter 34 sek. har denna med sitt innehåll återfått sin ursprungliga temperatur av $18^0,_0$. Huru stort är motståndet i platinatråden, då man vet, att isens smältvärme är $79,_2$ och att en elektrisk ström av 1 amp. i en ledning av 1 ohms motstånd på en sek. utvecklar en värmemängd av 0,24 gr.kal.?

7. Ett ackumulatorbatteri, vars inre motstånd kan försummas, slutes medelst en jämntjock, homogen metalltråd, vars motstånd är 2 ohm per meter. Metalltrådens ena ända förenas vidare med den ena elektroden i en elektrolysapparat, vars motstånd är 20 ohm och i vilken genom polarisation uppstått en elektromotorisk kraft av $1._{40}$ volt. Elektrolysapparatens andra elektrod skall förenas med en punkt på metalltråden så belägen, att en ström av $0,_{01}$ amp. går genom elektrolysapparaten i motsatt riktning mot den ström, som polarisationen skulle framkalla. Vilken är denna punkt, då strömstyrkan i batteriet efter inkopplingen av elektrolysapparaten är 1 amp.? Motståndet i ledningarna mellan elektrolysapparaten och metalltråden kan försummas.

Resultater: Nr. 2: $9,_2$ m. Nr. 3: 38 m. Nr. 4: $0._{000009}$. Nr. 5: $3,_6$ cm. Nr. 6: $48._7$ Ohm. Nr. 7: 81 cm.

Digitized by Google

Anmeldelser.

A. Sommerfeld: Atombau und Spektrallinien. Braunschweig 1919, Fr. Vieweg & Sohn. 550 Sider med 103 Figurer. Pris indb. Mk. 28,60.

Den næsten overvældende Udvikling, som vort Kendskab til Atomernes Indre har undergaaet i de allersidste Aar, har allerede bragt saa betydningsfulde Resultater og kræver saa gennemgribende nye Synspunkter ved næsten alt videre Arbejde inden for Fysiken og Kemien, at enhver Fysiker og Kemiker tvinges til at sætte sig ind i det mindste i de grundlæggende Arbejder. Men dette stiller som bekendt betydelige Krav til baade matematisk og fysisk Forhaandsviden. Det er derfor et meget fortjenstfuldt Arbejde, Prof. Sommerfeld har paataget sig ved at skrive en Bog, som saa vidt muligt uden at stille saadanne Krav, alene byggende paa et elementært Grundlag, søger at give Læseren en fuldstændig Oversigt over, hvad der hidtil er naaet, hvorledes det er naaet, og hvor godt det empirisk er begrundet.

Her kan kun gives en kort Oversigt over Indholdet. I 1. Kap. — Forberedende Kendsgerninger — omtales Ioner og Elektroner, Katode-, Kanal-, Røntgen- og radioaktive Straaler og Grundlaget af Læren om de radioaktive Stoffer. I 2. Kap. — Grundstoffernes naturlige System — omtales først selve det periodiske System og Rutherfords Atomhypotese med en Række simple Eksempler paa Atommodeller. Videre omtales Isotopteorien og de radioaktive Forskydningssætninger og endelig Sondringen mellem Kerne- og Elektronfysik. 3. Kap. — Røntgenspektrene — behandler udførligt Laues Opdagelse af Røntgenstraalernes Bøjning og Resultaterne angaaende Krystalstrukturer samt Røntgenspektroskopiens nuværende Metoder. Derefter kommer en omfattende Oversigt over Erfaringsresultaterne (K-, L- og M-Serierne, Emissions- og Absorptionsgrænser osv.) Først i 4. Kap. — De optiske Seriespektre— indføres Kvanteteorien, som tidligere kun har været strejfet; den indføres naturligvis i den af Sommerfeld og hans Elever anvendte Form. Dernæst gives en udmærket Oversigt over vort empiriske Kendskab til Brintspektret og Seriespektrene i det hele taget (Kombinationsprincipet). Saaledes forberedt gaar man til en udførlig Fremstilling af Bohrs Teori for Brintspektret og de brintlignende Spektre (af He^{+}, Li^{++} o. s. v.), samt det, der hidtil kan siges om de andre Spektre (den spektroskopiske Forskydningssætning, Ioniseringspotentialer m. m.) I Kap. 5 — Teori for Finstrukturen — behandles den af Relativitetsteorien krævede Finstruktur for baade optiske og Røntgenspektrallinier med en Indled-

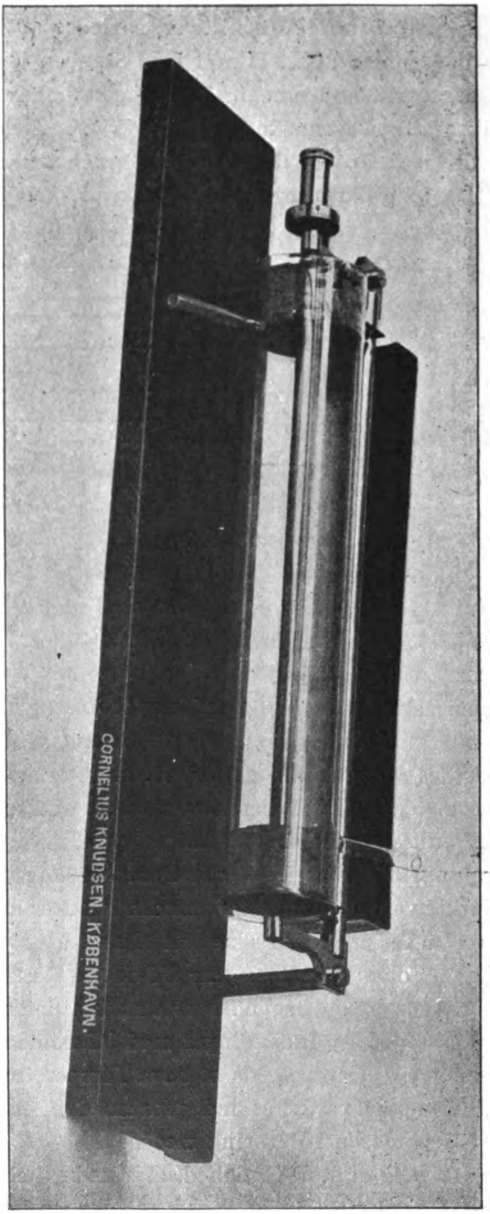


Fig. 2.

Digitized by Google

Apparatet har med Held været anvendt til Øvelsesbrug i Gymnasiet; fra en Rapport hidsættes her flg. Maaling: Mikrometerskruens Stilling, da Stangen var 0^0: 5.81; Mikrometerskruens Stilling, da Stangen var 100^0: 6.36; heraf Udvidelsen = 0.55 mm. Stangens Længde = 30.2 cm, altsaa $\alpha = \frac{0.055}{30.2 \times 100} = 0.0000182$ (Stangen var af Kobber)

Fig. 2 viser selve Apparatet; det er fremstillet af Firmaet Corn. Knudsen.

Svenske Eksamensopgaver.

Uppgifter i Fysik, Studentexamen V. T. 1919.

1. *G* är tyngdpunkten i en homogen, jämntjok, triangulär skiva *ABC*. Visa, att de krafter, som till storlek och riktning representeras av linjerna *GA*, *GB* och *GC*, hålla varandra i jämnvikt.

2. Från en punkt på den horisontella marken utslungas en kula mot ett vertikalt föremål, som står på marken 200 m från kastapparaten, och nedfaller vid föremålets fot. Kulan utslungas i en riktning, som bildar 34^0 med horisontalplanet. Huru högt ovan marken ligger den punkt på föremålet, som kulan träffar, om den med samma hastighet utslungas i en riktning, som bildar 40^0 med horisontalplanet?

3. Ett upptill slutet och nedtill öppet cylindriskt, jämntjockt rör, som är 600 mm långt, nedsänkes i vertikal ställning i en sjö till sådant djup, att vatten intränger till $^4/_5$ av rörets längd. Huru långt under vattenytan befinner sig rörets nedersta ända? Luftens temperatur över vattenytan är 20^0 och vattnets temperatur vid djupet i fråga 10^0. Barometertrycket var vid försöket 720 mm. Vattnets sp. vikt kan överallt anses vara lika med 1. Luftens utvidgningskoefficient är $^1/_{273}$ och kvicksilvrets sp. vikt $13{,}_6$. Trycket av den i röret befintliga vattenångan kan försummas.

4. Två stavar, vilkas längder vid 0^0 äro 50 cm vardera, den ena av zink, den andra av glas, stå nära intill varandra vertikalt på ett fast. horisontellt underlag. I övre ändan äro båda stavarna försedda med skarpa, horisontella eggar, vilka äro sinsemellan parallella och vinkelräta mot sammanbindningslinjen mellan stavarnas ändpunkter. Avståndet mellan dessa egggar är 2 cm. På eggarna vilar en liten planspegel, vilken träffas (vinkelrätt) av ett svagt konvergerande vertikalt

Digitized by Google

stralknippe, vilket pa en horisontell skala, belägen 1 m ovanför spegeln, alstrar en skarp ljuslinje (parallell med eggarna). Da båda stavarna omgivas med smältande is, faller nämnda ljuslinje pa skalans nollpunkt. Om stavarna omgivas med vatten av 50°, flyttar sig ljuslinjen $5._{25}$ cm (at glasstavens sida). Zinkens längdutvidningskoefficient är $0._{000030}$, beräkna glasets.

5. Ett kameraobjektiv skall besta av tva tunna, lika, positiva linser. Vardera linsens brännvidd är 20 cm. Huru stort skall avstandet mellan linserna vara, för att en skarp bild av förmålet, som anses ligga pa oändligt avstand, skall falla på platen, om dennas avstand fran närmaste lins skall vara 9 cm?

6. I en kalorimeter, som innehaller vatten, omrörare och termometer, är införd en smal platinatråd, elektriskt isolerad från vattnet. Man har funnit, att en värmemängd av 200 gr. kalorier förmår höja temperaturen i kalorimetern med dess innehall jämt 1°. I kalorimetern, vilkens temperatur är $18°._0$, nedlägges en liten isbit av 0°. Efter dennas smältning befinnes temperaturen i kalorimetern vara $15°._{44}$. Genom en elektrisk ström av $1,_{15}$ amp., som sändes genom platinatråden, uppvärmes därefter kalorimetern, och efter 34 sek. har denna med sitt innehall återfåt sin ursprungliga temperatur av $18°,_0$. Huru stort är motståndet i platinatråden, då man vet, att isens smältvärme är $79,_2$ och att en elektrisk ström av 1 amp. i en ledning av 1 ohms motstånd på en sek. utvecklar en värmemängd av 0,24 gr.kal.?

7. Ett ackumulatorbatteri, vars inre motstånd kan försummas, slutes medelst en jämntjock, homogen metalltråd, vars motstand är 2 ohm per meter. Metalltrådens ena ända förenas vidare med den ena elektroden i en elektrolysapparat, vars motstånd är 20 ohm och i vilken genom polarisation uppstatt en elektromotorisk kraft av $1._{40}$ volt. Elektrolysapparatens andra elektrod skall förenas med en punkt på metalltråden så belägen, att en ström av $0,_{01}$ amp. går genom elektrolysapparaten i motsatt riktning mot den ström, som polarisationen skulle framkalla. Vilken är denna punkt, då strömstyrkan i batteriet efter inkopplingen av elektrolysapparaten är 1 amp.? Motståndet i ledningarna mellan elektrolysapparaten och metalltråden kan försummas.

Resultater: Nr. 2: $9,_2$ m. Nr. 3: 38 m. Nr. 4: $0,_{000009}$. Nr. 5: $3,_6$ cm. Nr. 6: $48,_7$ Ohm. Nr. 7: 81 cm.

Digitized by Google

Anmeldelser.

A. Sommerfeld: Atombau und Spektrallinien. Braunschweig 1919, Fr. Vieweg & Sohn. 550 Sider med 103 Figurer. Pris indb. Mk. 28,60.

Den næsten overvældende Udvikling, som vort Kendskab til Atomernes Indre har undergaaet i de allersidste Aar, har allerede bragt saa betydningsfulde Resultater og kræver saa gennemgribende nye Synspunkter ved næsten alt videre Arbejde inden for Fysiken og Kemien, at enhver Fysiker og Kemiker tvinges til at sætte sig ind i det mindste i de grundlæggende Arbejder. Men dette stiller som bekendt betydelige Krav til baade matematisk og fysisk Forhaandsviden. Det er derfor et meget fortjenstfuldt Arbejde, Prof. Sommerfeld har paataget sig ved at skrive en Bog, som saa vidt muligt uden at stille saadanne Krav, alene byggende paa et elementært Grundlag, søger at give Læseren en fuldstændig Oversigt over, hvad der hidtil er naaet, hvorledes det er naaet, og hvor godt det empirisk er begrundet.

Her kan kun gives en kort Oversigt over Indholdet. I 1. Kap. — Forberedende Kendsgerninger — omtales Ioner og Elektroner, Katode-, Kanal-, Røntgen- og radioaktive Straaler og Grundlaget af Læren om de radioaktive Stoffer. I 2. Kap. — Grundstoffernes naturlige System — omtales først selve det periodiske System og Rutherfords Atomhypotese med en Række simple Eksempler paa Atommodeller. Videre omtales Isotopteorien og de radioaktive Forskydningssætninger og endelig Sondringen mellem Kerne- og Elektronfysik. 3. Kap- — Røntgenspektrene — behandler udførligt Laues Opdagelse af Røntgenstraalernes Bøjning og Resultaterne angaaende Krystalstrukturer samt Røntgenspektroskopiens nuværende Metoder. Derefter kommer en omfattende Oversigt over Erfaringsresultaterne (*K*-, *L*- og *M*-Serierne, Emissions- og Absorptionsgrænser osv.) Først i 4. Kap. — De optiske Seriespektre— indføres Kvanteteorien, som tidligere kun har været strejfet; den indføres naturligvis i den af Sommerfeld og hans Elever anvendte Form. Dernæst gives en udmærket Oversigt over vort empiriske Kendskab til Brintspektret og Seriespektrene i det hele taget (Kombinationsprincipet). Saaledes forberedt gaar man til en udførlig Fremstilling af Bohrs Teori for Brintspektret og de brintlignende Spektre (af He^{+}, Li^{++} o. s. v.), samt det, der hidtil kan siges om de andre Spektre (den spektroskopiske Forskydningssætning, Ioniseringspotentialer m. m.) I Kap. 5 — Teori for Finstrukturen — behandles den af Relativitetsteorien krævede Finstruktur for baade optiske og Røntgenspektrallinier med en Indled-

Digitized by Google

ning om selve Relativitetsteorien. Endelig behandles i Kap. 6 — Bølgeteori og Kvanteteori — Zeeman- og Stark-Effekten. Her omtales Rubinowicz' Udvalgsprincip og Polarisationsregel og det Tilløb til en »Forsoning« mellem Kvanteteori og Bølgeteori, som efter Sommerfelds Mening er naaet ved at sammenholde Straalingens Impulsmoment med Ændringen i Atomets Impulsmoment ved Straalingens Udsendelse. Denne Tanke er som bekendt samtidig og uafhængigt fremsat af Bohr og Rubinowicz. Derimod har Sommerfeld ikke kunnet naa at tage Hensyn til den nye systematiske Fremstilling af Kvanteteorien, som Bohr for Tiden giver i Vid. Selsk. Skr. Sommerfeld synes tillige at tage Afstand fra disse sidste Arbejders Hovedresultat, Bohrs Analogi- eller rettere Korrespondanceprincip, der vil blive omtalt i et følgende Hefte af Fys. Tidsskrift, og hvorved der ikke alene vindes et snævrere Udvalgsprincip for de mulige Elektronovergange i det emitterende Atom og en Polarisationsregel, men tillige en Bestemmelse af Intensiteten af de ved de forskellige mulige Overgange udsendte Spektrallinier. Skønt Erfaringen synes at tale afgjort for disse Bohrs Resultater, hvilket Sommerfeld ogsaa delvis anerkender, afvises Korrespondanceprincipet som værende fremmed for Kvanteteorien, en Begrundelse man vanskeligt kan tillægge syndelig Vægt paa en Tid, da Kvanteteorien endnu i høj Grad er under Udvikling.

Det kan naturligvis ikke undgaas, at der stilles større Krav til matematisk Viden hos Læseren, efterhaanden som Fremstillingen skrider frem; det ligger i de behandlede Problemers Natur. Det vigtigste af det matematiske Apparat, der kræves, er samlet i en Række Tilføjelser bag i Bogen; her findes tillige korte Afsnit om Molekylmodeller (Baandspektre) og Kernemodeller. Tillige er der et udførligt Register. Det bør ogsaa fremhæves, at Bogen er meget smukt udstyret helt uden Krigspræg.

Naar en saa omfattende Bog skrives om et Emne, hvormed der arbejdes saa intensivt, som det er Tilfældet for Tiden med dette, er det klart, at adskilligt af Bogens Indhold allerede er noget forældet ved dens Udsendelse. For hvert Aar Affattelsen af Bogen blev udskudt, vilde Behandlingen kunne blive mere tilfredsstillende. Saa meget mere maa det paaskønnes, at Affattelsen ikke er bleven udskudt, thi som Bogen nu foreligger, vil den blive en uundværlig Haandbog til den største Nytte og Glæde for alle, der interesserer sig for eller har Brug for Kendskab til det Emne, den behandler, og som for Tiden overskygger alt andet i Fysiken og Kemien.

H. M. H.

Digitized by Google

Luftstraalen og dens Anvendelse til Frembringelse af Lydbølger.*)

Af

Jul. Hartmann.

L u f t s U d s t r ø m n i n g a f e n B e h o l d e r.

I det efterfølgende skal der fortælles om en ny Metode til Fremstilling af Lydsvingninger, særlig Svingninger med meget højt Periodetal. Metoden gør Brug af en Luftstraale med den ejendommelige Struktur, der fremkommer, naar Udstrømningstrykket ligger over en vis Grænse. Vi vil derfor begynde med at skildre Lufts Udstrømning og Luftstraalens Bygning ved saadanne Tryk.

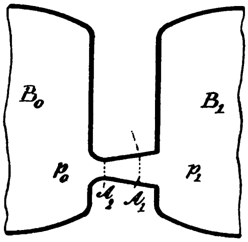


Fig. 1.

Lad B_0 og B_1 i Fig. 1 betegne to Beholdere, der er forbundet ved et kort Rør af en eller anden Form. I B_0 vedligeholdes et Tryk p_0, i B_1 et Tryk p_1 mindre end p_0. Luften vil da stationært strømme fra B_0 til B_1. Paa et bestemt Sted i Luftstrømmen, f. Eks. i Tværsnittet A_1, vil der herske en bestemt Tilstand, der kan karakteriseres ved L u f t e n s T r y k p, dens T æ t h e d ϱ, dens T e m p e r a t u r T samt ved L u f t d e l e n e s H a s t i g h e d w paa dette Sted. Dersom man ser bort fra Luftens indre Gnidning og dens Var-

*) Foredrag holdt i Selskabet for Naturlærens Udbredelse Onsdag den 7. April 1920.

Digitized by Google

meledning, kan man, naar Luftens Tilstand i B_0, er kendt, gøre fuldstændig Rede for Tilstanden i ethvert Punkt af Røret. Strømningsforholdene er ret ejendommelige. Tænker man sig p_0 holdt konstant men p_1 varieret fra Nul op til p_0, vil Strømningsforholdene blive fuldkommen forskellige, eftersom p_1 ligger under eller over en vis Værdi, det kritiske Tryk p_m, der ved atmosfærisk Luft er meget nær lig $\frac{p_0}{2}$. Ligger p_m under dette Tryk, er det for den udstrømmende Luftmasses Vedkommende ganske ligegyldigt, hvad p_1 er. Det ligger i, at der i dette Tilfælde i Rørforbindelsens mindste Tværsnit, altsaa A_2 i Fig. 1, altid indstiller sig et Tryk lig det kritiske, hvilken Værdi Trykket end har i B_1. Som Følge heraf har Luften ogsaa altid samme Tilstand og samme Hastighed i det mindste Tværsnit, og følgelig vil den Masse, der passerer Tværsnittet, altid være den samme. Denne Masse er jo nemlig givet ved $M = S \cdot w \cdot \varrho$. I det hele taget er Forholdene i ethvert Punkt, der ligger til venstre for A_2 i et og alt ens for alle Værdier af p_1 mindre end p_m. Hvad Hastigheden i det mindste Tværsnit angaar, er der det mærkelige ved den, at den netop er lig Lydhastigheden ved den Tilstand, der raader i dette Tværsnit. Til højre for det mindste Tværsnit i Fig. 1 vil Hastigheden være større end Lydhastigheden. Saaledes er Forholdene, naar $p_1 < p_m$. Er $p_1 > p_m$ ændres Luftens Tilstand og Hastighed overalt i Forbindelsesrøret, naar p_1 ændres. I intet Tværsnit naas nu Lydhastigheden. Idet p_1 nærmer sig til p_0, nærmer Hastigheden sig overalt til Nul.

Det her anførte gælder nu naturligvis ogsaa for Lufts Udstrømning fra en Beholder gennem et Hul eller Boring. Hvis Boringen har den Profil, der er vist i Fig. 2, vil selve Mundingen A_2 blive Luftstrømmens mindste Tværsnit*). Er det ydre Tryk mindre end det kritiske, vil Delene i Mundingen altsaa have Lydens Hastighed, og Trykket vil her være det kritiske. Hvis det ydre Tryk er større end det kritiske, bliver Trykket i Mundingen A_2 lig det ydre Tryk.

Grafisk kan man give meget anskuelige Billeder af de nu beskrevne Forhold. I Fig. 3 a ses en Fremstilling af Variationen af

*) Figuren fremstiller en uendelig kort cylindrisk Boring med afrundet indre Kant.

Digitized by Google

Trykket p i Mundingen af Straalehullet med det ydre Tryk p_1. Saa længe $p_1 < p_m$, fremstilles p ved en ret Linie parallel med Abscisse-

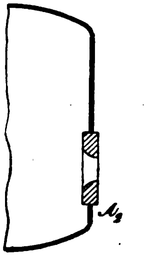


Fig. 2.

aksen og med Ordinaten p_m. Herefter fremstilles p ved en ret Linie, der danner Vinklen 45° med Akserne. I Fig. 3 b er Variationen af den pr. Sek. udstrømmende Masse M afbildet i dens Afhængighed af det ydre Tryk. Op til p_m er M altsaa konstant, hvorefter M falder af mod Nul.

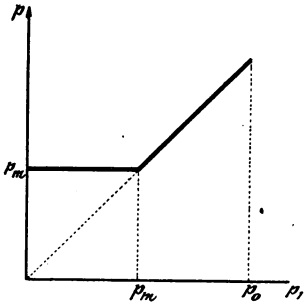


Fig. 3 a.

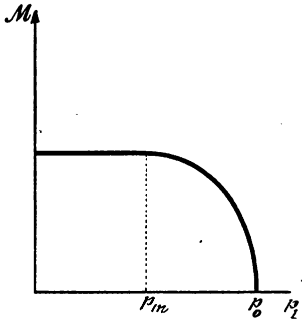


Fig. 3 b.

Formler for det kritiske Tryk, den udstrømmende Luftmasse m. m.

Der skal herefter angives Formler til Beregning af den udstrømmende Luftmasse m. m. Formlerne er tilnærmede, idet de er udledt under Forudsætning af, at Strømningen foregaar tabfrit, d. v. s. uden Gnidning og uden Udveksling af Varme med Omgivelserne. Det skal dog bemærkes, at Udtrykkene meget ofte vil vise sig at være tilstrækkelig nøjagtige for de Anvendelser, man gør af dem i Praksis.

Den Hastighed w, Luftstraalens Dele vil opnaa ved Strømning

Digitized by Google

fra et Sted, hvor Trykket er p_0, til et Sted, hvor det er p, vil være givet ved Ligningen

$$\tfrac{1}{2}w^2 = \int_p^{p_0} v\,dp, \tag{1}$$

hvor v betegner Voluminet af 1 g af Luften. Da Luftens Rumfangsforandringer under Strømningen antages at foregaa uden Varmeudveksling, altsaa adiabatisk, gælder for v Ligningen

$$p \cdot v^{\varkappa} = p_0 \cdot v_0^{\varkappa}, \tag{2}$$

hvor $\varkappa$ er Forholdet mellem Luftens Varmefylde c_p ved konstant Tryk og dens Varmefylde c_v ved konstant Rumfang. Dette Forhold er ved atmosfærisk Luft 1,41. Størrelsen v_0 betegner naturligvis Rumfanget af 1 g af Luften i Beholderen med Trykket p_0. Indsættes v taget fra (2) i (1) faas for Hastigheden w Udtrykket

$$w = \sqrt{2\frac{\varkappa}{\varkappa - 1}\, v_0 p_0 \left(1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}}\right)}. \tag{3}$$

Hvis S er Tværsnitsarealet af Mundingen i Straalehullet Fig. 2, vil den Masse, der pr. Sek. strømmer ud, være

$$M = \frac{S \cdot w}{v_1},$$

hvor v_1 er Voluminet pr. g af Luften i Mundingen, og w Hastigheden samme Sted. Den sidste Størrelse faas af (3) ved for p at indsætte Trykket i Straalehullet. Den første bestemmes af (2) ved her for p at sætte samme Tryk. Beholdes foreløbig Betegnelsen p for Trykket i Straalehullet faas for M Udtrykket

$$M = S\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{\varkappa}} \cdot \sqrt{2\frac{\varkappa}{\varkappa - 1} \cdot \frac{p_0}{v_0} \cdot \left(1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}}\right)}. \tag{4}$$

Dersom det ydre Tryk er mindre end det kritiske, faas M altsaa ved for p at sætte det kritiske Tryk p_m. Dette Tryk er netop det, der gør M til Maximum; p_m er i Overensstemmelse hermed bestemt ved

Digitized by Google

$$p_m = \left(\frac{2}{\varkappa + 1}\right)^{\frac{\varkappa}{\varkappa - 1}} \cdot p_0 \tag{5}$$

eller, naar $\varkappa = 1{,}41$, ved

$$p_m = 0.525\, p_0. \tag{5'}$$

Indsættes p_m *i* (4), faas

$$M = S \cdot \left(\frac{2}{\varkappa + 1}\right)^{\frac{1}{\varkappa - 1}} \cdot \sqrt{2\frac{\varkappa}{\varkappa + 1} \cdot \frac{p_0}{v_0}}. \tag{6}$$

Vi beregner til Eksempel den Masse Luft, der pr. Sek. strømmer ud af et Hul paa 1 mm² fra en Beholder med Trykket 5 kg/cm². Det ydre Tryk antages lig 1 kg/cm². Det er altsaa lavere end det kritiske, som er 2,625 kg/cm². Den udstrømmende Luftmasse findes ved (6), idet man indsætter følgende Værdier: $S = 0{,}01$ cm², $\varkappa = 1{,}41$, $p_0 = 5000 . 981$ dyn./cm² samt for v_0 den Værdi, der beregnes af Tilstandsligningen for Luften i Beholderen. Har Luften her Temperaturen t er v_0 givet ved

$$p_0 v_0 = p_0' v_0' \cdot (1 + \alpha t), \tag{7}$$

hvor v_0' betegner Rumfanget af eet g Luft ved Temperaturen 0 Grader og Trykket 1 kg/cm². For atmosfærisk Luft er v_0' lig $\frac{1}{0.001249}$. Antages det, at t er lig 20°, bliver

$$v_0 = \frac{1}{0.001249} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{293}{273} = 171{,}6 \text{ cm}^3,$$

hvorefter man af (6) finder

$$M = 1{,}169 \text{ g/Sek.}$$

Denne Luftmasse har ved et Tryk af 5 kg/cm², altsaa i Beholderen, et Volumen bestemt ved

$$V_s = 1.169 \cdot v_0 = 1.169 \cdot 171{,}6 = 200 \text{ cm}^3$$

Digitized by Google

Dette er altsaa det Volumen, der strømmer ud pr. Sek. Hvis man har en Flaske paa 20 l fyldt til 200 kg/cm², vil Luftmassen i Flasken ved 5 kg/cm² fylde 800 l, og den vil altsaa kunne vedligeholde den betragtede Luftstraale i $\frac{800000}{200} = 4000$ Sek., d. v. s. i godt en Time.

Dersom man er interesseret deri, kan man endnu beregne andre Egenskaber ved Strømningen. For Eks. kan man bestemme Luftens Tilstand i Straalehullets Munding, naar det ydre Tryk er mindre end det kritiske Tryk. Trykket i Mundingen var da lig det kritiske Tryk. Rumfanget af et Gram Luft vil være bestemt ved (2), altsaa ved

$$v_m = \left(\frac{p_0}{p_m}\right)^{\frac{1}{\varkappa}} \cdot v_0 = \left(\frac{\varkappa + 1}{2}\right)^{\frac{1}{\varkappa - 1}} \cdot v_0. \tag{8}$$

Heraf faas

$$v_m = 1.575 \cdot v_0 = 270.2 \text{ cm}^3.$$

Tætheden $\varrho_m = \frac{1}{v_m}$ bliver 0.00370.

Den absolute Temperatur T_m bestemmes ved Formlen

$$\frac{T_m}{T_0} = \left(\frac{p_m}{p_0}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}} = \frac{2}{\varkappa + 1}. \tag{9}$$

Idet $T_0 = 293$ bliver $T_m = \frac{2}{2.41} \cdot 293 = 243^0$ eller -30^0.

Luftstraalens Struktur, naar det ydre Tryk er mindre end det kritiske.

Vi skal herefter betragte Strukturen af den Luftstraale, der dannes ved et ydre Tryk mindre end det kritiske. Lettest tilgængelig for Undersøgelse er en Straale, der strømmer fra en Beholder med Trykluft ud i det fri. Skal det ydre Tryk i dette Tilfælde være lig det kritiske, maa Trykket i Beholderen i Følge Formlen (5′) pag. 101 være 1,9 Atm., Overtrykket altsaa 0,9 Atm. Vi vil antage, at Overtrykket overstiger denne Værdi, men at det dog ikke er mere end nogle faa Atmosfærer.

Den Luftstraale, man da faar, er karakteristisk ved, at Hastigheden af dens Dele er lig eller større end Lydens ved den Tempera-

Digitized by Google

tur, der hersker paa det paagældende Sted af Straalen. Det maa i denne Forbindelse erindres, at Lydens Hastighed er uafhængig af Trykket men proportional med Kvadratroden af den absolute Temperatur. I Forbindelse med, at Hastigheden overskrider Lydhastigheden, staar Straalens ejendommelige Struktur. Lige efter, at Luften har passeret Straalehullet, udvider den sig stærkt. Herved synker Trykket i Straalen ned under det ydre Tryk, hvorefter det udfører en Række dæmpede Svingninger om dette Tryk. Forholdene er anskueliggjort i Fig. 4, hvor Abscissen er Afstanden fra Straalehullet, Ordinaten

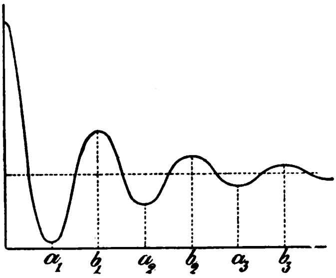


Fig. 4.

Trykket i Straalen. Variationerne i Trykket minder, som det ses, ganske om Pendulets eller Snovægtens dæmpede Svingninger. Prandtl*) har ført Fænomenet tilbage til de saakaldte Machske Bølger, der kendes fra et Projektil, som flyver gennem Luften med en Hastighed større end Lydens. Fig. 5 a viser et Billede af disse Bølger. Ud fra Projektilets Spids breder der sig en kegleformet Fortætningsbølge, der ganske svarer til de to Bølgekamme, der udgaar fra Stævnen af et Skib i Fart. Den halve Topvinkel α er bestemt ved

$$\sin \alpha = \frac{c}{w},$$

hvor c er Lydens og w Projektilets Hastighed. At Vinklen bestemmes saaledes, er let at forstaa, naar man tænker sig Bølgens Overflade fremkommen ved Interferens af kugleformede Elementarbølger udgaaet fra de paa hinanden følgende Punkter af Projektilets Bane. Et Sekund før Billedet i Fig. 5 a blev taget, befandt Projektilets Spids

*) L. Prandtl. Physikalische Zeitschrift 5, pag. 599, 1904 og 8, pag. 23, 1907.

Digitized by Google

sig i Punktet *A* og udsendte herfra en Bølge, hvis Radius i det afbildede Øjeblik er vokset til Længden *c*. Samtidig er Projektilet naaet Stykket *w* frem i sin Bane. De i det sidste Sekund udsendte Elementarbølger vil tilsammen have dannet en kegleformet Bølge som den antydede, fordi Elementarbølgerne vil være naaet ud til Afstande proportionale med Udgangspunkternes Afstande fra Spidsen af Projektilet i den viste Stilling. Nu kan man tænke sig det Mach'ske Fænomen

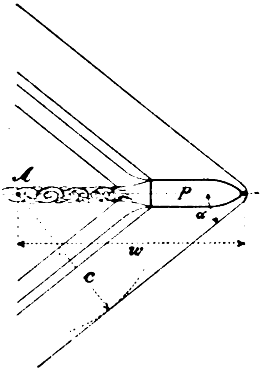


Fig. 5 a.

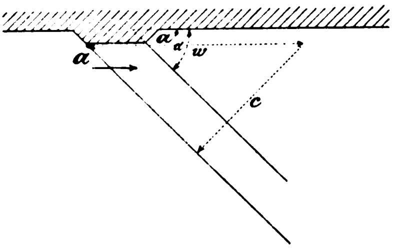


Fig. 5 b.

vendt om, altsaa at en Luftstrøm med en Hastighed større end Lydens stryger forbi en Hindring, f. Eks. en Ujævnhed a a' i en fast Væg. Fra Hindringen maa der da ogsaa udgaa en Fortætningsbølge, der danner en Vinkel α med Strømningsretningen, hvor α er bestemt ved samme Udtryk som før, naar w betyder Luftstrømmens Hastighed. I Fig. 5 b er Bølger af denne Art antydet udgaaende fra Hindringen a a'. Pilen betegner Luftens Strømningsretning. Tilsvarende Bølger vil være kendt fra en Grøft med hurtigt rindende Vand. De udgaar her fra Breddens Ujævnheder. Prandtl har benyttet Luftbølgerne til Studium af Hastighedsvariationerne i Turbinemundstykker (Lavalske-Mundstykker), og han har herved paavist, at Strømningshastigheden først efter at det snævreste Tværsnit er passeret, naar op over Lydhastigheden, saaledes som det følger af den ovenfor antydede Teori. I Fig. 6 gengives efter Prandtl et Fotografi af Strømningen gennem et Mundstykke med rektangulært Tværsnit. De to Sider i Mundstykket var dannet af Spejlglas for at muliggøre den fotografiske Optagelse. De to andre Sider var gjort ru ved Filing. Fra Ujævnhederne udgaar Bøl-

Digitized by Google

gerne, to Sæt, et fra hver Sideflade. Som det ses, begynder Bølgerne først efter, at Luften har passeret det snævreste Sted. For at naa til en Forstaaelse af de periodiske Variationer i Luftstraalen undersøgte Prandtl teoretisk, hvad der sker, naar en Parallelstrømning med en

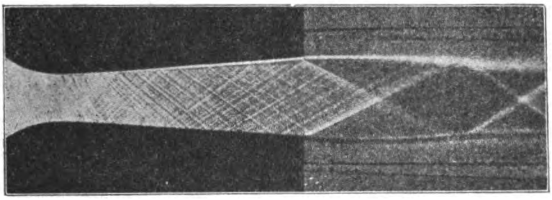


Fig. 6.

større Hastighed end Lydhastigheden passerer en Kant K som den i Fig. 7 antydede og derved træder fra et Rum med Trykket p_0 ud i et Rum med det lavere Tryk p_1. Luftstrømmen lider da en Art Brydning. Overgangen fra den ene Parallelstrømning til den anden sker

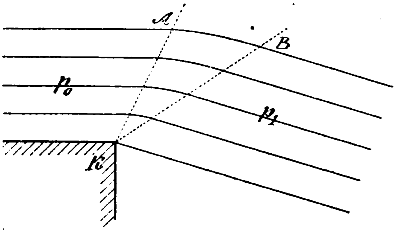


Fig. 7.

i det kileformede Rum $A\,K\,B$. Dette Rum har Karakter af en Bølge udgaaende fra Kanten K. Den indre Begrænsning $A\,K$ danner med den oprindelige Strømningsretning den Mach'ske Vinkel α bestemt ved $\sin\alpha = \frac{c}{w}$, hvor w er Hastigheden før Brydningen. I Rummet $A\,K\,B$ foregaar Udvidelsen fra Trykket p_0 til Trykket p_1. Tænker man sig nu en Straale dannet ved en bred rektangulær Spalte Fig. 8 a, indser man, at der fra begge de parallele Længdekanter K_1 og K_2 af Straalehullet maa udgaa Ekspansionsbølger som de antydede. De to Bølger er i Figuren $A_1\,K_1\,B_1$ og $A_2\,K_2\,B_2$. Bølgerne reflekteres som almindelige Lydbølger fra Grænsen mellem Straalen og den omgivende Luft.

Digitized by Google

Dette er altsaa det Volumen, der strømmer ud pr. Sek. Hvis man har en Flaske paa 20 l fyldt til 200 kg/cm², vil Luftmassen i Flasken ved 5 kg/cm² fylde 800 l, og den vil altsaa kunne vedligeholde den betragtede Luftstraale i $\frac{800000}{200} = 4000$ Sek., d. v. s. i godt en Time.

Dersom man er interesseret deri, kan man endnu beregne andre Egenskaber ved Strømningen. For Eks. kan man bestemme Luftens Tilstand i Straalehullets Munding, naar det ydre Tryk er mindre end det kritiske Tryk. Trykket i Mundingen var da lig det kritiske Tryk. Rumfanget af et Gram Luft vil være bestemt ved (2), altsaa ved

$$v_m = \left(\frac{p_0}{p_m}\right)^{\frac{1}{\varkappa}} \cdot v_0 = \left(\frac{\varkappa + 1}{2}\right)^{\frac{1}{\varkappa - 1}} \cdot v_0. \tag{8}$$

Heraf faas

$$v_m = 1.575 \cdot v_0 = 270.2 \text{ cm}^3.$$

Tætheden $\varrho_m = \frac{1}{v_m}$ bliver 0.00370.

Den absolute Temperatur T_m bestemmes ved Formlen

$$\frac{T_m}{T_0} = \left(\frac{p_m}{p_0}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}} = \frac{2}{\varkappa + 1}. \tag{9}$$

Idet $T_0 = 293$ bliver $T_m = \frac{2}{2.41} \cdot 293 = 243^0$ eller -30^0.

Luftstraalens Struktur, naar det ydre Tryk er mindre end det kritiske.

Vi skal herefter betragte Strukturen af den Luftstraale, der dannes ved et ydre Tryk mindre end det kritiske. Lettest tilgængelig for Undersøgelse er en Straale, der strømmer fra en Beholder med Trykluft ud i det fri. Skal det ydre Tryk i dette Tilfælde være lig det kritiske, maa Trykket i Beholderen i Følge Formlen (5′) pag. 101 være 1,9 Atm., Overtrykket altsaa 0,9 Atm. Vi vil antage, at Overtrykket overstiger denne Værdi, men at det dog ikke er mere end nogle faa Atmosfærer.

Den Luftstraale, man da faar, er karakteristisk ved, at Hastigheden af dens Dele er lig eller større end Lydens ved den Tempera-

Digitized by Google

tur, der hersker paa det paagældende Sted af Straalen. Det maa i denne Forbindelse erindres, at Lydens Hastighed er uafhængig af Trykket men proportional med Kvadratroden af den absolute Temperatur. I Forbindelse med, at Hastigheden overskrider Lydhastigheden, staar Straalens ejendommelige Struktur. Lige efter, at Luften har passeret Straalehullet, udvider den sig stærkt. Herved synker Trykket i Straalen ned under det ydre Tryk, hvorefter det udfører en Række dæmpede Svingninger om dette Tryk. Forholdene er anskueliggjort i Fig. 4, hvor Abscissen er Afstanden fra Straalehullet, Ordinaten

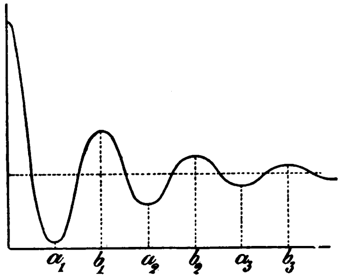


Fig. 4.

Trykket i Straalen. Variationerne i Trykket minder, som det ses, ganske om Pendulets eller Snovægtens dæmpede Svingninger. Prandtl*) har ført Fænomenet tilbage til de saakaldte Machske Bølger, der kendes fra et Projektil, som flyver gennem Luften med en Hastighed større end Lydens. Fig. 5 a viser et Billede af disse Bølger. Ud fra Projektilets Spids breder der sig en kegleformet Fortætningsbølge, der ganske svarer til de to Bølgekamme, der udgaar fra Stævnen af et Skib i Fart. Den halve Topvinkel α er bestemt ved

$$\sin \alpha = \frac{c}{w},$$

hvor c er Lydens og w Projektilets Hastighed. At Vinklen bestemmes saaledes, er let at forstaa, naar man tænker sig Bølgens Overflade fremkommen ved Interferens af kugleformede Elementarbølger udgaaet fra de paa hinanden følgende Punkter af Projektilets Bane. Et Sekund før Billedet i Fig. 5 a blev taget, befandt Projektilets Spids

*) L. Prandtl. Physikalische Zeitschrift 5, pag. 599, 1904 og 8, pag. 23, 1907.

Digitized by Google

sig i Punktet *A* og udsendte herfra en Bølge, hvis Radius i det afbildede Øjeblik er vokset til Længden *c*. Samtidig er Projektilet naaet Stykket *w* frem i sin Bane. De i det sidste Sekund udsendte Elementarbølger vil tilsammen have dannet en kegleformet Bølge som den antydede, fordi Elementarbølgerne vil være naaet ud til Afstande proportionale med Udgangspunkternes Afstande fra Spidsen af Projektilet i den viste Stilling. Nu kan man tænke sig det Mach'ske Fænomen

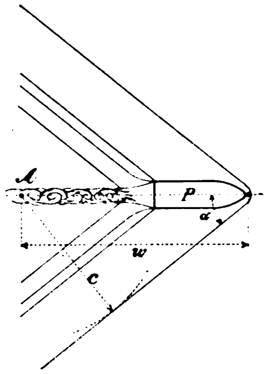


Fig. 5 a.

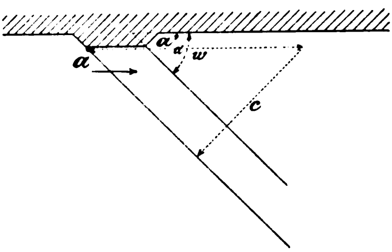


Fig. 5 b.

vendt om, altsaa at en Luftstrøm med en Hastighed større end Lydens stryger forbi en Hindring, f. Eks. en Ujævnhed *a a'* i en fast Væg. Fra Hindringen maa der da ogsaa udgaa en Fortætningsbølge, der danner en Vinkel *a* med Strømningsretningen, hvor *a* er bestemt ved samme Udtryk som før, naar *w* betyder Luftstrømmens Hastighed. I Fig. 5 b er Bølger af denne Art antydet udgaaende fra Hindringen *a a'*. Pilen betegner Luftens Strømningsretning. Tilsvarende Bølger vil være kendt fra en Grøft med hurtigt rindende Vand. De udgaar her fra Breddens Ujævnheder. Prandtl har benyttet Luftbølgerne til Studium af Hastighedsvariationerne i Turbinemundstykker (Lavalske-Mundstykker), og han har herved paavist, at Strømningshastigheden først efter at det snævreste Tværsnit er passeret, naar op over Lydhastigheden, saaledes som det følger af den ovenfor antydede Teori. I Fig. 6 gengives efter Prandtl et Fotografi af Strømningen gennem et Mundstykke med rektangulært Tværsnit. De to Sider i Mundstykket var dannet af Spejlglas for at muliggøre den fotografiske Optagelse. De to andre Sider var gjort ru ved Filing. Fra Ujævnhederne udgaar Bøl-

Digitized by Google

gerne, to Sæt, et fra hver Sideflade. Som det ses, begynder Bølgerne først efter, at Luften har passeret det snævreste Sted. For at naa til en Forstaaelse af de periodiske Variationer i Luftstraalen undersøgte Prandtl teoretisk, hvad der sker, naar en Parallelstrømning med en

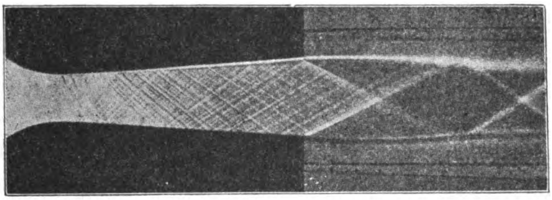


Fig. 6.

større Hastighed end Lydhastigheden passerer en Kant K som den i Fig. 7 antydede og derved træder fra et Rum med Trykket p_0 ud i et Rum med det lavere Tryk p_1. Luftstrømmen lider da en Art Brydning. Overgangen fra den ene Parallelstrømning til den anden sker

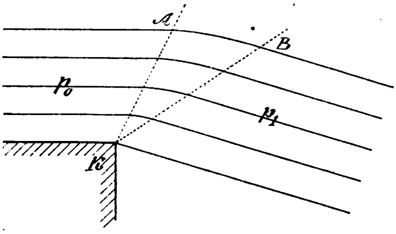


Fig. 7.

i det kileformede Rum $A\,K\,B$. Dette Rum har Karakter af en Bølge udgaaende fra Kanten K. Den indre Begrænsning $A\,K$ danner med den oprindelige Strømningsretning den Mach'ske Vinkel α bestemt ved $\sin\alpha = \frac{c}{w}$, hvor w er Hastigheden før Brydningen. I Rummet $A\,K\,B$ foregaar Udvidelsen fra Trykket p_0 til Trykket p_1. Tænker man sig nu en Straale dannet ved en bred rektangulær Spalte Fig. 8 a, indser man, at der fra begge de parallele Længdekanter K_1 og K_2 af Straalehullet maa udgaa Ekspansionsbølger som de antydede. De to Bølger er i Figuren $A_1\,K_1\,B_1$ og $A_2\,K_2\,B_2$. Bølgerne reflekteres som almindelige Lydbølger fra Grænsen mellem Straalen og den omgivende Luft.

Digitized by Google

De tilbagekastede Bølger er $A_1 K_1' B_1$ og $A_2 K_2' B_2$. De kastes atter tilbage som Fortyndingsbølgerne $A_4 K_1' B_4$ og $A_3 K_2' B_3$ o. s. v. Den gengivne Figur svarer til det Tilfælde, hvor Luften forlader Spalten med en Hastighed større end Lydhastigheden. Hvis Spalten er kon-

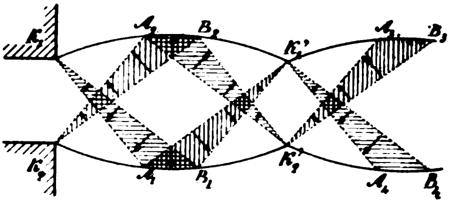


Fig. 8 a.

vergerende som vist i Fig. 8 b, falder A_2 i K_1 og B_2 i K_1', A_1 i K_2 og B_1 i K_2'. Det følger af, at Straalens Hastighed i et saadant Straalehul netop er lig Lydens Hastighed. Bølgerne faar altsaa den i Figuren viste Karakter. De krydsende Bølger forklarer den periodiske Variation af Trykket i Straalen. Undersøger man i Enkeltheder, hvor-

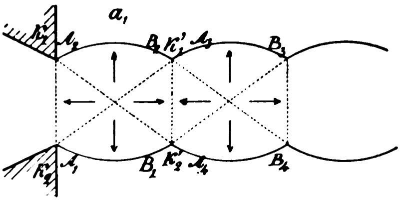


Fig. 8 b.

ledes Trykfordelingen maa blive, finder man, at Trykket i Tilfældene Fig. 8 a og 8 b vokser i de Retninger, Pilene angiver. Det stiger og falder altsaa periodisk ned gennem Straalen. Svarende hertil udviser selve Straalen periodiske Indsnævringer og Udvidelser. I de største Tværsnit vokser Trykket, som det ses, fra Aksen og udefter. I de mindste Tværsnit er der ingen Variationer af Trykket paa tværs af Straalen. Denne Trykfordeling genfinder man, ligesom de periodiske Variationer, ved cylindriske Straaler. I Fig. 9 a gengives en af Forfatteren optaget Kurve over Variationerne i det dynamiske plus det statiske Tryk*) ned gennem en Luftstraale, og i Fig. g b ses en Række Kurver over Trykvariationerne i forskellige Tværsnit. Kurverne svarer, som det ses, ganske til den ovenfor givne Beskrivelse.

*) Herved forstaas det Tryk, som Luftstraalen øver paa en Flade, der standser Straalen. Det synes, at Summen af det dynamiske og det statiske Tryk varierer omtrent som det statiske.

Digitized by Google

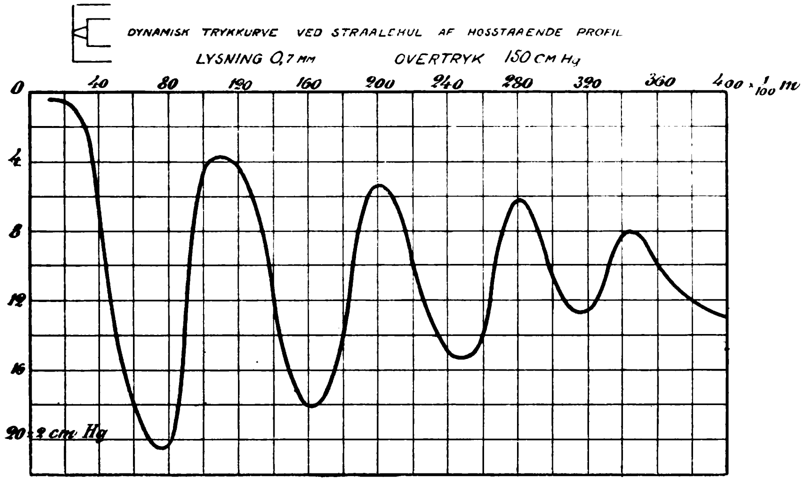

DYNAMISK TRYKKURVE VED STRAALEHUL AF HOSSTAAENDE PROFIL
LYSNING 0,7 MM
OVERTRYK 150 CM Hg
0
40
80
120
160
200
240
280
320
360
400 × 1/100 m
4
8
12
16
20 × 2 cm Hg

Fig. 9 a.

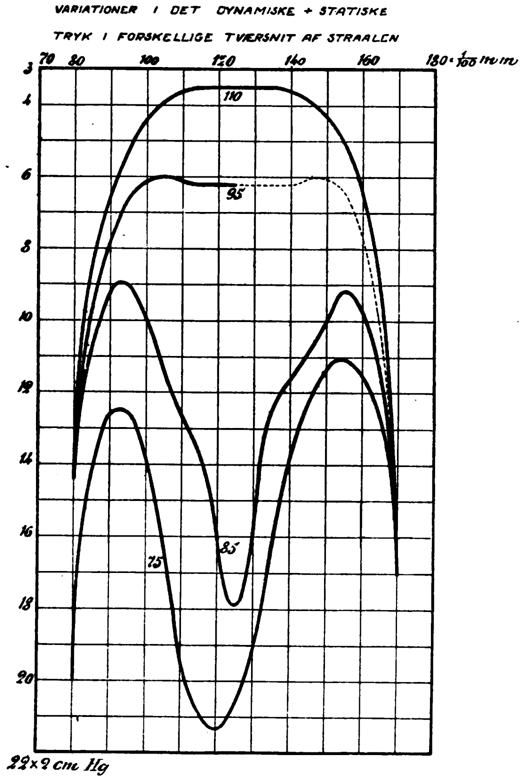

VARIATIONER I DET DYNAMISKE + STATISKE
TRYK I FORSKELLIGE TVÆRSNIT AF STRAALEN
70
80
100
120
140
160
180 × 1/100 mm
3
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22 × 2 cm Hg
110
95
85
75

Fig. 9 b.

For Længden af de optrædende Bølger har Prandtl udledt den tilnærmede Formel

$$p = 1.2\, d \sqrt{\frac{p_0 - 1.9\, p_1}{p_1}},$$

hvor d er Diameteren i Straalehullet. Udtrykket viser, at Bølgen først optræder, naar $p_0 > 1{,}9\, p_1$, d. v. s. ved et saa stort Tryk, at der i Straalen er Mulighed for en Hastighed større end Lydens.

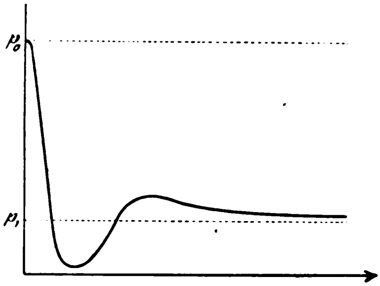


Fig. 10.

Ved større Overtryk, f. Eks. Tryk over 10 Atm., skifter Straalen i nogen Grad Karakter. Trykket synker udenfor Mundingen ligesom før ned under det ydre Tryk og stiger herefter igen op over dette; men det udfører nu ikke flere Svingninger om det ydre Tryk. Det nærmer sig asymptotisk til det, saaledes som det er vist i Fig. 10.

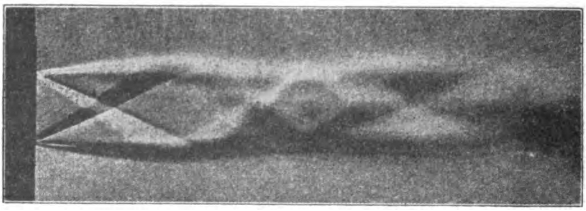


Fig. 11.

Prandtl har optaget en Række instruktive fotografiske Billeder af Trykfordelingen i en flad Luftstraale. Et saadant er gengivet i Fig. 11. Fotografiet kan opfattes som et Billede af en Gibsmodel af Trykvariationerne i Straalen. Hvor Trykket vokser, har Modellen en stigende Flade. Modellen maa i Fig. 11 tænkes belyst skraat fra oven.

Digitized by Google

Den sorte Kile opad til højre er altsaa en i Skygge liggende Flade paa Modellen. Den tilsvarende Trykstigning vil man finde i Fig. 8 a. Den lyse Kile nedad til højre er en belyst Flade paa Modellen. Ogsaa denne vil man forstaa af Fig. 8 a. I det hele taget vil man finde, at Fotografiet i et og alt svarer til Billedet i Fig. 8 a, der atter gengiver de Trykvariationer, Teorien for Luftstraalen fordrer.

Luftstraalens Anvendelse til Frembringelse af Lydbølger*).

Den ovenfor beskrevne Luftstraale kan, som Forfatteren har vist, benyttes til Fremstilling af meget intensive og meget hurtige Lydsvingninger. Man anvender herved ligesom ved den almindelige Fløjte en cylindrisk Resonator eller Oscillator lukket i den ene Ende. Rettes Straalen mod Oscillatorens Munding, og anbringes denne i det ene eller det andet af en Række Omraader af Luftstraalen, som Forfatteren har kaldt Instabilitetsomraaderne, vil Luften i Oscillatoren sættes i Svingninger med Grundtonens Frekvens. Instabilitetsomraaderne synes i Hovedsagen at falde sammen med de Partier af Straalen, hvor Trykket vokser, d. v. s. Partierne $a_1 b_1$, $a_2 b_2$ o. s. v. i Fig. 4. Indenfor disse Omraader er Oscillatoren altsaa i Stand til at tage Energi fra Luftstraalen og omsætte denne Energi til svingende Energi. Da Energitætheden i Straalen er relativ stor, er der altsaa ogsaa Mulighed til Stede for meget intensive Lydsvingninger, og saadanne fremkommer da ogsaa, til Trods for at Oscillatoren nødvendigvis bliver relativ lille, idet dens Diameter ikke tør være væsentlig større end Straalens. Den lille Diameter forklarer paa den anden Side, at det er muligt at fremstille meget høje Frekvenser. Svingningstallet n for en lukket Oscillators Grundtone er i Hovedsagen givet ved Udtrykket

$$n = \frac{c}{4l}.$$

hvor c er Lydhastigheden i den Luft, som fylder Oscillatoren, medens l er Oscillatorens Dybde. Udtrykket er dog ikke helt rigtigt, hvilket hidrører fra, at den svingende Luftsøjle naar lidt udenfor Mundingen

---

*) Jul. Hartmann. Det kgl. Danske Vidensk. Selsk. math. fysiske Medd. I. 13. 1919.

Digitized by Google

af Oscillatoren; man regner ca. 0,6 Gange Radius r i Oscillatoren. Ved denne Tilføjelse til l er der sat en Grænse for, hvor højt man ved Oscillatoren med en given Radius kan naa i Svingningstal ved Formindskelse af Dybden l. Grænsen ligger desto højere, jo mindre r er, og da r ved den her betragtede »akustiske Generator« er meget lille, naar man følgelig højt. Et Eksempel kan belyse dette. Diameteren i Oscillatoren kan i ethvert Fald tages saa lille som 0,5 mm. Rettelsen paa Dybden er altsaa $\frac{0.6 \cdot 0.5}{2} = 0{,}15$ mm, og n bliver, hvis c sættes til 320000 mm, lig $\frac{320000}{4} \cdot 0.65 = 123000$ Svingninger/Sek. Benyttes en Brintstraale, vil Oscillatoren naturligvis fylde sig med Brint. I denne Luftart er Lydhastigheden ca. 3,8 Gange saa stor som i atmosfærisk Luft — Lydhastigheden er som bekendt omvendt proportional med Kvadratroden af Luftartens Tæthed. — Med Brint og den antydede Oscillator faas følgelig et Svingningstal paa $3{,}8 \cdot 123000 = \text{ca. } 476000$ eller nær ved en halv Million pr. Sek.

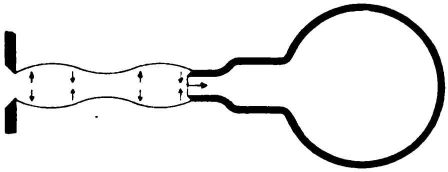


Fig. 12 a.

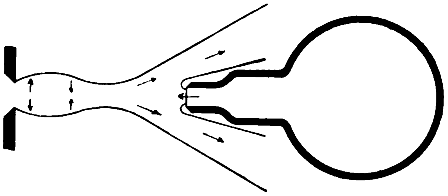


Fig. 12 b.

Oscillatorens Svingninger vil være af den regelmæssige Art, der betegnes som rent harmoniske Svingninger. Men Luftstraalen kan ogsaa benyttes til Fremstilling af en hel anden Type Luftsvingninger, der passende kan betegnes som Pulsationer. Man erstatter da den cylindriske Oscillator med en Beholder forsynet med et Rør, der er trukket ud til en fin Spids. Rettes denne

Digitized by Google

mod Luftstraalen i et af Instabilitetsomraaderne, vil Beholderen fylde sig med Luft formentlig til det Tryk, der hersker paa det paagældende Sted af Straalen. Derefter vil den udtømme denne Luft, atter fylde sig o. s. v. I Fig. 12 a og b er antydet, hvorledes man maa tænke sig Luftbevægelsen under Indstrømning og Udblæsning. Fyldning og Udblæsning tager en ganske bestemt Tid, der ved en given Straale er afhængig af Beholderens Størrelse, Mundingens Vidde og Stedet i Instabilitetsomraadet. Man kan ved tilstrækkelig langsomme Pulsationer let iagttage de to Faser ved at holde en Strimmel Papir hen i Nærheden af Pulsatorens Munding. Den suges da indad mod denne under Fyldningen, medens den slynges udad med stor Kraft under Udblæsningen.

Man kan, lettest ved Ændring af Beholderens Størrelse, frembringe Pulsationer med Svingningstider fra mange Sekunder eller Minutter til f. Eks. $^1/_{5000}$ Sek. Pulsationerne over en vis Frekvens — omkring 30 pr. Sek. — høres naturligvis som en Tone, men en Tone af en ganske anden Karakter end Oscillatortonen. Klangen minder nærmest om den fra Sirenen kendte.

Forsøg med den akustiske Generator.

I Fig. 13 gengives det Apparat, hvormed Flertallet af de Undersøgelser, der ligger til Grund for den nye akustiske Generator, er udført. Paa en svær Jærnbjælke er monteret en Opstander, gennem hvilken et kort Rør er ført. Røret ender i et Hoved, i hvilket det straaledannende Element kan skrues. Foruden Straalerørets Opstander bærer Jærnbjælken en anden Opstander med en vandret Styreskinne. Paa denne kan en Kombination af tre Slæder med Mikrometerskruer forskydes henimod eller bort fra Straalerøret. Den ene Slæde bærer en Patron, i hvilken Oscillatoren (eller Pulsatoren) kan fastspændes. Ved to af Slæderne kan man centrere Oscillatoren i Forhold til Straalen. Ved den tredie kan man føre Mundingen af den ind i Instabilitetsomraadet. Det straaledannende Element kan fremstilles af et Glasrør trukket ud i en Spids med passende Lysning. Lettere at fremstille er et Hul boret i en Metalplade. Fig. 14 viser den bedste Profil for en saadan Hulplade. Pladen skrues fast i Enden af Straalerøret. En Oscillator er gengivet i Fig. 15. Den er fremstillet som en cylindrisk Boring i et Metalstykke. Boringens Kanter er skærpede, for at Luftstraalens Dele med mindst mulig Hindring kan strømme bort fra Oscillatoren.

Digitized by Google

Luften til Generatoren tager man, naar intet Trykluftanlæg staar til Raadighed, fra en Flaske med komprimeret Luft af højt Tryk. Mellem Flasken og Generatoren maa der da indskydes en Reduktionsventil, der nedsætter Trykket til den ønskede Værdi — f. Eks. 4 Atm. Tillige maa der foran Generatoren anbringes en Vindkedel til Udjævning af Uregelmæssigheder i Luftens Udstrømning gennem Reduktionsventilen.

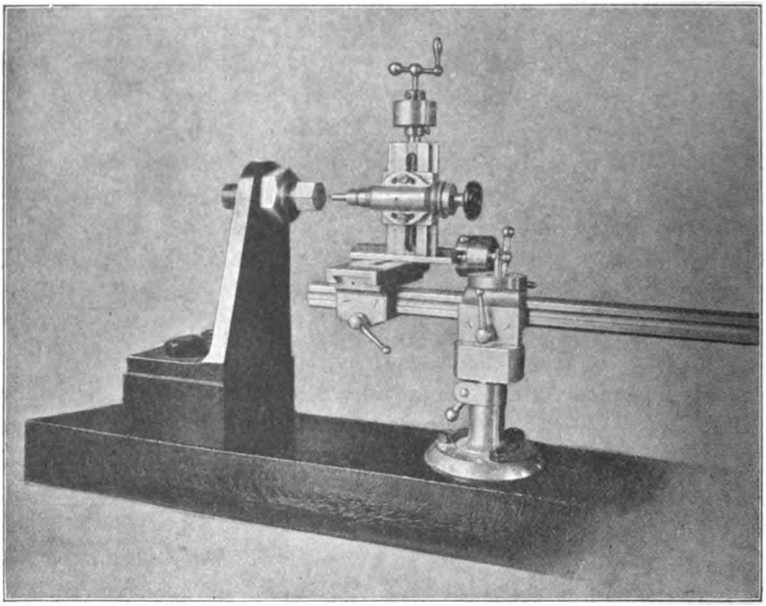


Fig. 13.

Man maaler simplest Længden af de fra Oscillatoren udsendte Bølger ved Hjælp af et K u n d t r ø r, altsaa et Glasrør med Heksemel. Glasrøret maa, hvad Vidden angaar, vælges i Overensstemmelse med

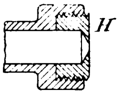


Fig. 14.

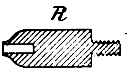


Fig. 15.

Bølgelængden, snævert ved kortere, videre ved længere Bølger. En indre Diameter lig ca. $^1/_2$ Bølgelængde vil i Reglen være passende.

Digitized by Google

Heksemelet bringer man før Fremstillingen af Figurerne til at ligge i en fin Streng ned langs Siden i Røret. Man bruger den mindst mulige Mængde Mel. Fremstillingen af de Kundt'ske Støvfigurer giver en tydelig Forestilling om Lydsvingningernes Intensitet. Ved en Luftstraale paa 1 mm maa Rørmundingen, selv ved ganske korte Bølger, ofte holdes mange cm fra Oscillatoren. Ved en Luftstraale paa 1,5 mm og et Overtryk paa 4—5 Atm. gav et Kundtrør tydelige Støvfigurer i $^1/_2$ m's Afstand fra Oscillatoren, hvis Svingningstal var 24000.

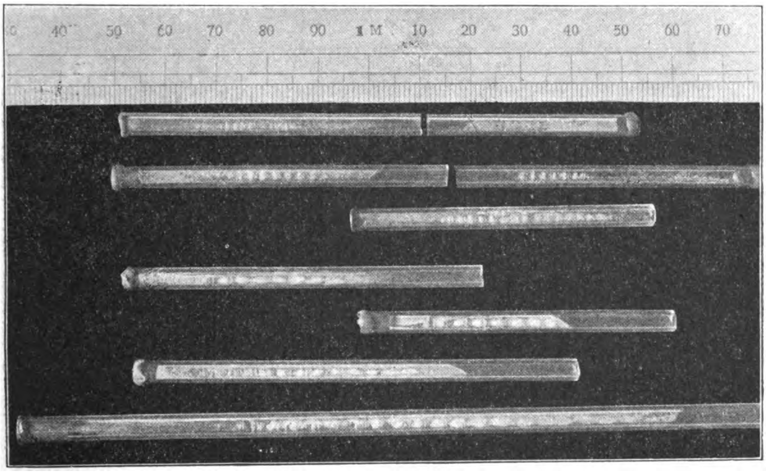


Fig. 16.

I Fig. 16 ses i fotografisk Gengivelse en Række Kundtrør med Støvfigurer. Afstanden mellem Støvbunkerne er som bekendt $^1/_2$ Bølgebredde for Resonatorens Svingninger i den Luft, som fylder Røret. Paa Millimeterstokken foroven i Billedet kan man derfor udmaale Bølgebredderne. Ved Kundtrør blev det undersøgt, hvorledes Bølgebredden afhænger af Oscillatorens Dybde l. Fig. 17 gengiver Resultaterne af et saadant Forsøg udført med Oscillatorer med 1,2 mm Lysning. Afhængigheden er nøjagtig retliniet. Bølgebredden kan fremstilles ved

$$\lambda = 4,22\ l + 1,5 \text{ mm}.$$

Bølgebredden er altsaa med Tilnærmelse lig 4 Gange Oscillatorens Dybde, hvilket viser, at man har med Grundtonen at gøre. Naar Koefficienten til l bliver større end 4, ligger det i, at Luften i Resona-

Digitized by Google

toren er koldere — og mange Grader koldere — end Luften i Kundtrøret. Afkølingen hidrører naturligvis fra, at Luften har udvidet sig adiabatisk fra det høje Tryk i Beholderen til det lavere Tryk i Straalen. De forskellige Dele af Straalen har en noget forskellig Temperatur, derfor viser det sig ogsaa, at Bølgebredden ændres kendeligt med Oscillatorens Stilling i Instabilitetsomraadet og fra det ene Instabilitetsomraade til det andet.

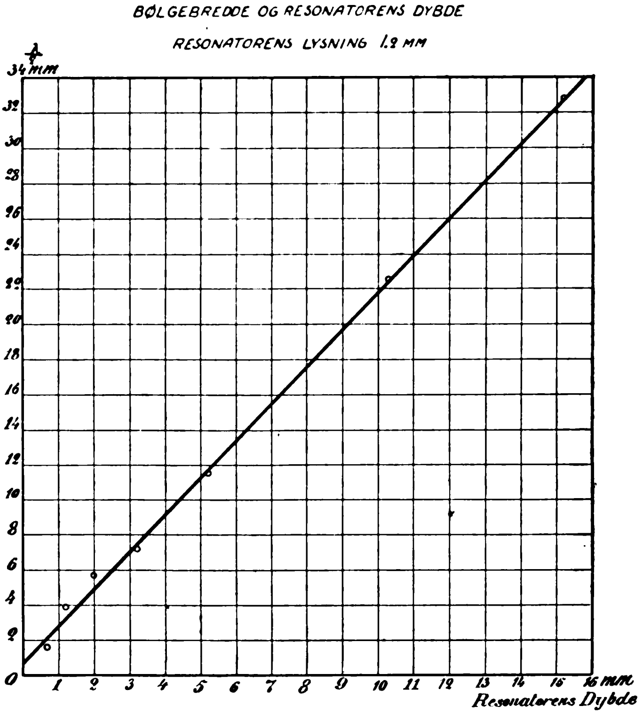


Fig. 17.

Det konstante Led i Formlen ovenfor hidrører fra, at den svingende Luftsøjle naar lidt udenfor Resonatorens Munding. Den udenfor liggende Dels Længde skulde være $\frac{1.5}{4.22} = 0{,}36$ mm. Man plejer som nævnt at regne med, at den omtalte Længde kan sættes lig 0,6 Gange Resonatorens Radius. Denne Regel bekræftes, som det ses, fuldkomment.

Digitized by Google

Det har vist sig, at det ogsaa er muligt at faa Oscillatoren til at give sin første Overtone, altsaa en Tone, der er tre Gange saa høj som Grundtonen. Man skal for at opnaa dette føre Oscillatorens Munding saa langt ind mod Straalehullet som muligt i Instabilitetsomraadet.

Ved større Overtryk er Trykvariationerne, som allerede antydet, ikke længere periodiske, og de skarpt adskilte Instabilitetsomraader vil da ogsaa være forsvundne, idet de er flydt sammen til et enkelt eller et Par Omraader af større Udstrækning og ofte med ret udflydende Grænser.

I den beskrevne Generator er Oscillatoren let udvekslelig. I en anden Konstruktion har Oscillatoren en forskydelig Bund, der kan føres frem og tilbage ved en Mikrometerskrue. Man kan med dette Apparat let udføre Forsøg over Beliggenheden af Grænsen for hørlige Toner. Det synes, at denne Grænse for det normale Øre ligger omkring 20 000 Svingninger pr. Sek.

Forfatteren har tænkt sig, at den nye Generator vil kunne finde Anvendelse i det fysiske Laboratorium for Eks. til Undersøgelser over meget korte Lydbølgers Absorption i Luftarter. Muligvis vil den ogsaa have Interesse for Fysiologen. Generatoren med Pulsator tænkes udformet som Signalapparat.

Lidt om Maalingen og Betydningen af draabeflydende og faste Stoffers Sammentrykkelighed*).

Af

Sven Palitzsch.

At der er foretaget talrige og meget omfattende Undersøgelser af Luftarternes Sammentrykkelighed, det vil sige af Rumfangets Ændring med Trykket, og at disse Undersøgelser har ført til meget betydningsfulde Resultater, som f. Eks. Andrews Kontinuitetsprincip og v. d. Waals Tilstandsligning, er velkendt for enhver Kemiker og Fysiker.

*) Foredrag holdt i Kemisk Forening den 7. Oktober 1919.

Digitized by Google

Mindre kendt synes det derimod at være, at der nu ogsaa for de draabeflydende og faste Stoffers Vedkommende foreligger et ret betydeligt videnskabeligt Materiale, saa vel eksperimentelt som teoretisk. Det kunde maaske derfor paaregne Interesse at faa en Oversigt ikke blot over de mest benyttede Maalemetoder og de dermed fundne Resultater, men ogsaa over de Teorier, der i Tidens Løb er fremsat til Forklaring af Aarsagerne saavel til Sammentrykkelighedens forskellige Størrelse som til den Sammenhæng, der synes at være mellem den og en hel Række andre Egenskaber.

Ved Sammentrykkeligheden forstaar man Rumfangsændringen, som et alsidigt virkende Tryk frembringer ved konstant Temperatur. Man kalder den undertiden Volumenelasticitet eller Kompressibilitet, og man angiver den som oftest ved den Ændring, Enhed af Rumfang undergaar, naar Trykket ændres med Enhed af Tryk. Medens Rumfanget altid maales i cm^3, benyttes der for Trykket hele tre forskellige Enheder, der dog kun afviger et Par Procent fra hinanden. De almindeligste er Atmosfæren og Kilogrammet pr. cm^2, hvoraf den sidste ogsaa ofte kaldes Atmosfære; den tredie, Megabaren, der er indført af Th. W. Richards, er den mest rationelle, da den er direkte udledet af C-G-S-Systemet. Den er nemlig 1 Million Dyn pr. cm^2 og bliver da 2 pCt. større end 1 Kg/cm^2 og 1,3 pCt. mindre end 1 Atmosfære.

Blandt de første, hvem det lykkedes at udføre kvantitative Maalinger af Vædskers Sammentrykkelighed var H. C. Ørsted[1]), der allerede i 1818 til 1828 offentliggjorde de Resultater, han havde opnaaet ved Hjælp af sit velkendte Piezometer, der i ændret og forbedret Form er benyttet af mange senere Forskere. Det egentlige Piezometer (se Fig. 1) er en cylindrisk Glaskolbe med saa snæver Hals, at de smaa Rumfangsændringer, hvorom det drejer sig, kan maales med ret stor Nøjagtighed; det fyldes til et Stykke op i Halsen med den Vædske, der skal maales, og sættes tillige med et lukket Kviksølvmanometer ned i en Trykbeholder af Glas. Trykket frembringes ved at fylde denne med Vand og skrue et Stempel ned i Vandet.

Da Glasset i Piezometret er underkastet samme Tryk fra alle Sider, antog Ørsted, at dets Sammentrykning ingen Indflydelse havde paa Maalingens Udfald; det er dog, som Ørsteds Samtidige, Colladon og Sturm[2]), bemærkede, ikke rigtigt, fordi en Beholder sammentrykkes, som om den var massiv, og man følgelig maaler Forskellen mellem Vædskens og Glassets Sammentrykning.

Digitized by Google

Mere betydende er det dog, at der ikke blev taget tilstrækkeligt Hensyn til Temperaturændringerne, hidrørende fra den ved Sammentrykningen frembragte Varme. Ørsted mente endog, at der slet ikke udvikledes Varme ved Sammentrykning. For Vand stiger imidlertid Temperaturen $^1/_{100}$°, naar Trykket forøges en Megabar; det med-

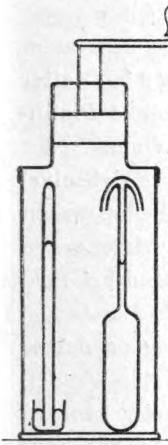


Fig. 1.
Ørsteds Piezometer.

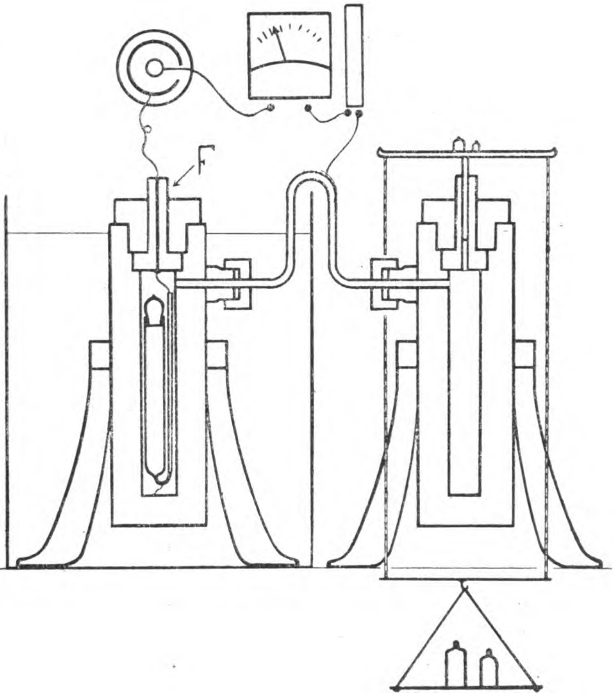


Fig. 2.
Richards Piezometer.

fører en Varmeudvidelse paa $^1/_{10\,000}$ (en Ti Tusindedel) af Rumfanget, og det er omtrent lige saa meget, som Formindskelsen ved Trykket beløber sig til. Det er følgelig nødvendigt at anvende særlig Omhu paa at holde Temperaturen konstant under Maalingen navnlig for smaa Trykændringer, da ellers en ringe Temperaturforandring helt vil kunne skjule Sammentrykkeligheden.

Til højere Tryk end en Snes Megabar kan man ikke som Ørsted bruge en Trykbeholder af Glas, men maa erstatte den med en

Digitized by Google

af Metal. For saa at kunne iagttage Vædskesøjlens Højde kan man ganske vist, saaledes som Amagat[3]) har benyttet det helt op til 1000 Megabar anbringe smaa Glasvinduer i Metalbeholderen, men da det er baade kostbart og besværligt at faa Indfatningerne tilstrækkeligt tætte, har man benyttet sig af indirekte Aflæsning af Rumfanget, idet man har vendt selve Piezometret om og ladet det dyppe ned i Kviksølv. Man kan da paa forskellig Maade maale den Høide, hvortil Kvivksølvet af Trykket presses ind i Røret. Saaledes har Cailletet[4]) forgyldt Røret indvendigt, medens Tait har anbragt en forsølvet og Gilbaut[5]) en forgyldt Platintraad i Røret. Kviksølvet opløser da Guldet eller Sølvet saa langt, som det trænger frem, hvilket man dog først kan se, naar Piezometret er taget ud af Trykbeholderen. For at undgaa det indsmeltede Amagat — efter en af Tait[6]) angivet Metode — i Glasrøret en hel Række Platintraade, som forbandtes to og to ved Modstande paa ca. 2 Ohm. Leder man en elektrisk Strøm ind gennem Metalbeholderen til Kvivksølvet og ud gennem disse Platintraade og Modstande, vil Strømstyrken ændres i Spring hver Gang det indpressede Kviksølv kortslutter en Modstand, det vil sige, naar Vædskens Rumfang er formindsket med det Rumfang som findes mellem Platintraadene.

Alle disse Metoder beror paa Maaling af Rumfang, og da det er overordentlig smaa Rumfang, det gælder, var det en stor Fordel, at Th. W. Richards (1903)[7]) udarbejdede en Metode, hvorved Rumfangsmaalingen erstattedes af en Vejning. Richards har konstrueret en Mængde forskellige Piezometre, baade af Glas og af Staal, det simpleste og mest anvendelige er afbildet som Fig. 2. Det bestaar af en cylindrisk Glasbeholder der lukkes med en meget fint tilslebet Glasprop, og til hvilket der forneden er smeltet et Kapillarrør, der fortsætter sig i et lodret Glasrør; til dettes indvendige Side er fæstet en Platintraad, hvis meget fine Spids ender netop ved Kapillarrørets Munding, medens en anden Platintraad er indsmeltet et steds i Kapillarrøret. Dette Piezometer stilles ned i en udboret Staalblok, der staar i en omhyggelig reguleret Termostat, og som er halvt fyldt med Kviksølv for at den ved Sammentrykningen frembragte Varme hurtigt kan ledes bort fra Piezometret.

Da Metoden gaar ud paa at bestemme Sammentrykkeligheden i Forhold til Kviksølvets, der er kendt med stor Nøjagtighed, fyldes Piezometret først med Kviksølv, saaledes at dette i Siderøret staar

Digitized by Google

en Smule over Spidsen af Platintraaden. Piezometret anbringes derefter i Staalblokken og indskydes derved i et elektrisk Kredsløb, idet Siderørets Platintraad kommer i ledende Forbindelse med en Platintraad, der er ført vel isoleret gennem Stykket »F« og hen til den ene Pol af et Tørelement, medens den anden Pol gennem et Galvanometer og en Modstand er forbundet med Staalblokken og derved tillige gennem Kviksølvet i Udboringen og den indsmeltede Platintraad med Kviksølvet i Piezometret. Presser man nu f. Eks. ved Hjælp af en Caillettets Pumpe amerikansk Olie, der har vist sig at være særlig godt egnet til dette Brug, ind i Udboringen, komprimeres Kviksølvet i Piezometret, indtil det synker ned under Platinspidsen, hvorved Strømmen afbrydes, og Galvanometernaalen gaar tilbage til Nul. Efter at have ventet 15 Minutter for at den ved Kompressionen opstaaede Temperaturforskel kan udlignes, lader man Trykket synke indtil Kviksølvet igen naar Platinspidsen og Galvanometret gør Udslag. I det Øjeblik aflæses Trykket paa Manometret. Derefter ophæves Trykket, Apparatet skrues fra hinanden, og en nøjagtigt afvejet lille Kviksølvdraabe hældes ned i Siderøret og Maalingen gentages. Der skal da et større Tryk til for at bryde Strømkredsen, og saafremt Glasset i Piezometret var usammentrykkeligt, vilde Kviksølvdraabens Rumfang blive lig med den til Trykforøgelsen svarende Formindskelse af hele Kviksølvmængdens Rumfang. Man kan paa den Maade finde en Række sammenhørende Værdier af Tryk- og Rumfangsændringer og deraf beregne Forskellen mellem Glassets og Kviksølvets Sammentrykkelighed. Derefter erstattes største Delen af Kviksølvet med en afvejet Mængde af det Stof, der skal undersøges, og paa ganske samme Maade som før findes en Række Tryk, svarende til afvejede Kviksølvdraaber, der beregnet paa samme Trykændring som før bliver desto større, jo mere sammentrykkeligt det indførte Stof er. Da nu saavel Piezometret selv som Resten af Kviksølvet sammentrykkes lige meget i begge Tilfælde, vil Rumfanget af Kviksølvdraaberne netop være saa meget større end før som det indførte Stof sammentrykkes mere end det Kviksølv, det har erstattet. Af Stoffets Rumfang, der beregnes af dets Vægt og Vægtfylde, af Kviksølvdraabernes Vægt og deres Vægtfylde ved de paagældende Tryk samt af de iagttagne Tryk kan Sammentrykkeligheden da let beregnes.

Paa denne Maade findes altsaa Sammentrykkeligheden i Forhold til Kviksølvets, der igen er bestemt i Forhold til Staalets, og denne

Digitized by Google

kan f. Eks. findes ved at maale Formindskelsen af Længden af en Staalstang, der i en med Olie fyldt Cylinder underkastes et alsidigt Tryk; det tredobbelte af denne Formindskelse er da Staalets Sammentrykning. Ved simpelthen at sammentrykke Stangen ved et Tryk i dets Længderetning kan man som bekendt ikke finde Størrelsen af Sammentrykkeligheden, da Stangens Tværsnit samtidigt udvider sig.

Til Maaling af Trykket benytter Richards en Trykvægt, der oprindelig er konstrueret af Stückrat efter samme Princip som Amagats berømte Manometer »a piston libre«. Den bestaar af en udboret Staalblok ganske som den, der benyttes til Piezometret, kun er der i Stykket »F« boret et lodret nøjagtigt cylinderformet Hul, hvori en omhyggeligt afdrejet Staalstang med nøje kendt Diameter kan bevæge sig. Belaster man en Vægtskaal, som er fæstet til denne Staalstangs øverste Ende, med en Vægt, der er lig Oliens Tryk paa dens nederste Flade, vil den være i Ligevægt; er Trykket større eller mindre, vil den stige eller synke, saafremt Gnidningen mellem Stemplet og Olien kan gøres tilstrækkeligt ringe, og det opnaas — meget nemt — ved blot at holde Stemplet i langsom Rotation.

Ved Stemplets Bevægelser op og ned indstilles Trykket efter Belastningen, og ved at ændre denne finder man de Tryk, der netop slutter og afbryder det før omtalte elektriske Kredsløb. For Tryk mellem 100 og 300 Megabar har jeg uden Vanskelighed faaet Udslag med en Over- eller Undervægt paa en Femtusindedel af hele Belastningen. Er Piezometret f. Eks. fyldt med Vand vil det svare til en Rumfangsændring paa $^1/_{25}$ Kubikmillimeter, saa man forstaar, at saavel Platinspidsen som Kviksølvet og Glassets Vægge i Nærheden af den, skal være overordentlig rene.

Richards' Metode egner sig kun for Tryk mellem 100 og 500 Megabar. For højere Tryk maa den erstattes af en anden, der i sit Princip er overordentlig simpel. Den bestaar nemlig i at drive et Stempel ned i en med Stoffet fyldt Staalcylinder og beregne den til Trykket svarende Forskel mellem Staalets og det undersøgte Stofs Rumfangsændring af Stemplets Tværsnitsareal og af det Stykke, det er presset ned i Cylinderen. Metoden er hurtig og enkel og anvendelig fra 500 Megabar og op til de højeste Tryk og over et meget stort Temperaturomraade, men den kræver desværre, foruden et meget kostbart Apparat, Kendskab til ret vanskeligt bestemmelige Korrektioner.

Digitized by Google

Tammann har benyttet den op til 4000 Kg/cm² og Bridgman[8]) har med den udført sine klassiske Undersøgelser af Vædsker ved Tryk op til 12 000, ja i nogle Tilfælde endog helt op til 20 000 Kg/cm². Størrelsen af disse høje Tryk maaler Bridgman ved den Ændring, de frembringer i Metallers — som Regel Manganintraades — elektriske Ledningsevne.

I det geofysiske Laboratorium i Washington[9]) er der fornylig særlig af Hensyn til mineralsyntetiske Undersøgelser bygget et meget stort Apparat efter samme Princip og med en Mængde interessante Detailler, hvoraf jeg kun skal nævne, at alle Sammenføjninger er konstrueret saaledes, at de presses sammen af Trykket og derfor bliver tættere, jo større dette bliver.

Hvad nu Resultatet af Maalingerne angaar, kan det straks siges, at Vædskers og faste Stoffers Sammentrykkelighed er overordentlig ringe. For Vand, Alkohol og Æter er den saaledes henholdsvis 47,5—76,9 og $107,2 \times 10^{-6}$ (Tabel 1). Rumfanget af 1 cm³ Vand vil altsaa formindskes med 47,5 Milliontedele cm³, naar Trykket forøges med 1 Megabar.

Tabel 1.
Sammentrykkelighed · 10^6; Temperatur: 0°.

Tryk		Vand	Alkohol	Æter
1—500	Atm.	47,5	76,9	107,2
500—1000	-	41,6	56,6	70,8
1000—1500	-	35,8	45,8	53,7
1500—2000	-	32,4	38,5	45,2
2000—2500	-	29,2	33,1	37,1
2500—3000	-	26,1	28,4	31,7

Som det fremgaar af Tabellen, der skyldes Amagat[3]), formindskes Sammentrykkeligheden betydeligt med stigende Tryk og bliver omtrent ens for alle tre Stoffer. Det synes at være en almengyldig Regel, at alle individuelle Ejendommeligheder udviskes eller forsvinder ved meget høje Tryk.

I Overensstemmelse hermed vil Formindskelsen med stigende Tryk blive desto større, jo større Sammentrykkeligheden er. Richards har fundet, at denne Regel gælder med god Tilnærmelse for alle undersøgte Vædsker, selv for Kviksølv, der har en langt mindre

Digitized by Google

Sammentrykkelighed end de fleste andre Vædsker, nemlig kun $3,96 \times 10^{-6}$ ved 100—300 Megabar. Nogle af Richards Tal[10]) er samlede i Tabel 2, hvor man ogsaa ser Eksempler paa, at Sammen-

Tabel 2.
Sammentrykkelighed ($\cdot 10^6$) ved forskellige Tryk.

	100—300 Megabar	300—500 Megabar	Differens
Hexan	117,5	91,4	26,1
Ætylbromid	99,8	81,6	18,2
Metylalkohol	95,2	79,6	15,6
Ætylalkohol	88,7	74,5	14,2
Propylalkohol	77,3	67,3	10,0
Benzol	77,3	67,5	9,8
Toluol	74,1	63,9	9,2
o-Xylol	65,6	56,6	9,0
Kloroform	83,0	69,7	13,3
Bromoform	45,0	41,4	3,6
Vand	43,3	40,9	2,4
Kviksølv	3,96	3,94	0,02

trykkeligheden bliver mindre, naar Antallet af Kulstofatomer stiger i homologe Rækker. For faste Stoffer og navnlig for Metaller, der har endnu mindre Sammentrykkelighed end Kviksølv, bliver Trykkoefficienten saa lille, at Amagat ingen Ændring kunde finde helt op til 2000 Atmosfærer. I Aar har Adams, Williamson og Johnston[9]) vist, at Sammentrykkeligheden er uforandret den samme op til 12 000 Megabar, naar den som for Metallerne Staal, Guld, Kobber, Sølv og Aluminium ligger mellem 0,6 og $1,40 \times 10^{-6}$, hvorimod Trykkoefficienten naar en iagttagelig Størrelse for Wismut, Cadmium og Bly, der er omtrent dobbelt saa sammentrykkelige.

Til Beregning af Sammentrykkelighedens Afhængighed af Trykket er der foreslaaet mange Ligninger, hvoraf de, der ikke er rent empiriske, har en større eller mindre Lighed med v. d. Waals Tilstandsligning, der, som det erindres, skrives $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$, d. v. s. at Produktet af Tryk og Rumfang for Luftarter og Vædsker

er proportional med den absolutte Temperatur, naar man vel atmærke til Trykket regner ikke blot det ydre — p — men ogsaa det indre — $\frac{a}{v^2}$ — og til Rumfanget kun medtager det, der findes mellem Molekylerne, altsaa subtraherer disses Egetrumfang — b — fra det hele Rumfang — v —.

Da denne Ligning udtrykker en Sammenhæng mellem Tryk, Rumfang og Temperatur kan man følgelig af den beregne Sammentrykkelighedens Ændring med Tryk og Temperatur, men i sin oprindelige Form, hvor a og b forudsættes at være Stofkonstanter gør den imidlertid langtfra tilstrækkeligt Rede for de iagttagne Forhold.

Man antager derfor, at a eller b eller begge er Funktioner af Tryk og Temperatur og faar naturligvis saa langt bedre Overensstemmelse mellem de beregnede og de fundne Værdier, ja selv om kun det indre Tryk betragtes som en Funktion af Temperaturen, bliver Overensstemmelsen, som T u m l i r z'[11]) Beregninger viser, overordentlig god for Tryk indtil 3 000 Atmosfærer og Temperaturer indtil 40—50°, men ved højere Tryk og Temperatur kendes ingen Ligning, der paa tilfredsstillende Maade beskriver Forholdene.

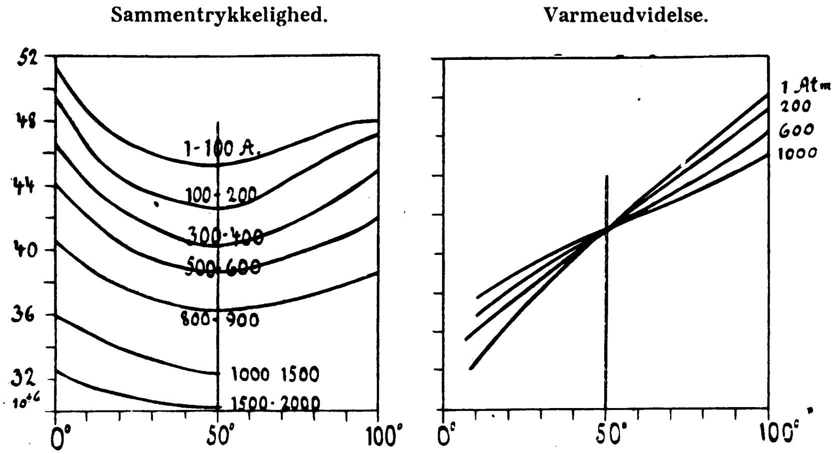


Fig. 3. Ændringen af Vandets Sammentrykkelighed og Varmeudvidelse med Temperaturen.

Da Vand og Is, ogsaa hvad Sammentrykkelighed angaar, viser mange Ejendommeligheder, fortjener de at omtales særskilt.

Med Hensyn til Formindskelsen af Sammentrykkeligheden med Trykket forholder Vand sig som andre Vædsker, men i Modsætning til

Digitized by Google

disse aftager Sammentrykkeligheden, naar Temperaturen stiger, dog kun til ca. 50°, hvorefter den igen bliver større, saaledes som det fremgaar af Fig. 3, der viser Resultaterne af A m a g a t s[3]) Maalinger. Tillige ses det, at dette Minimum ved højere Tryk udviskes mere og mere. Derimod forskydes det ikke mod lavere Temperatur, som det er Tilfældet med den anden Særhed ved Vandets Rumfangsforhold, nem-

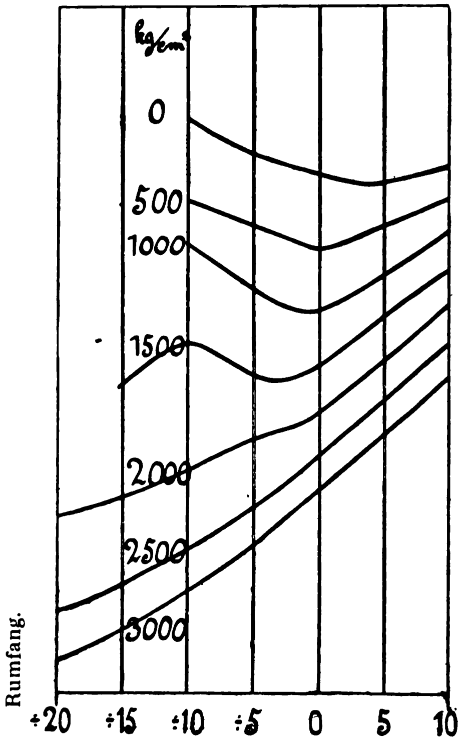


Fig. 4. Ændring af Vandets Rumfang med Temperaturen ved forskellige Tryk.

lig Rumfyldeminimet, der ved almindeligt Tryk ligger ved 4°. Mere overskueligt end at følge dette Minimums Indflydelse paa Sammentrykkeligheden bliver det at sammenligne Rumfangets Ændring med Temperaturen ved forskellige Tryk. Paa Fig. 4, hvis Kurver skyldes B r i d g m a n[12]), er Temperaturen derfor afsat som Abscisse,

Digitized by Google

medens Rumfanget i Forhold til Rumfanget ved 0° og 0 Atmosfærer er afsat som Ordinat, og for Tydeligheds Skyld er de enkelte Kurvers Rumfangsændringer tegnet i 10 Gange saa stor Maalestok som selve Ordinaterne. Et Maal for Sammentrykkeligheden faar man da i Afstanden mellem disse Kurver. Ved 1500 Kg/cm² er Minimet rykket helt ned til ÷ 3°, og ved dette Tryk findes endog et Maksimum ved lavere Temperatur, medens Kurven ved 2000 kg og derover forløber ganske normalt. Ogsaa denne Uregelmæssighed forsvinder altsaa ved meget høje Tryk.

Værdierne for Rumfanget under 0° gælder alle for flydende Vand. Størkner Vandet til Is, bliver Rumfanget straks større og Sammentrykkeligheden betydeligt mindre.

Undersøger man Isen ved højere Tryk end et Par Tusinde Atmosfærer, finder man, at dets Rumfang og Sammentrykkelighed ved bestemte Tryk og Temperaturer pludselig forandres, idet der foregaar en Omdannelse, der ganske i Lighed med Størkningen er ledsaget af Rumfangsændring, Varmeafgivelse o. s. v. Isen omdannes altsaa polymorft ved højere Tryk paa samme Maade, som det er saa godt kendt for Svovlets Vedkommende ved lavere Tryk.

Tabel 3.
Sammentrykkelighed af Vand og forskellige Isformer.

Temp.	Tryk	Isform	Sammentrykkelighed . 10^6 Is	Vand
0	0	I	35	52
÷ 22,5	2000	III	9,1	30
÷ 13,6	4000	V	7,2	19
÷ 1,6	6000	»	4,7	14
÷ 12,8	5000	IV	10,2	16,4
+ 5,0	7000	»	5,5	12,6
+ 26,0	10000	»	3,7	10,4

Det er lykkedes Tammann og Bridgman[13]) at finde hele 5 forskellige Slags Is og at bestemme de Tryk og Temperaturer, ved hvilket hvert enkelt er bestandigt. For de fire af Isformerne er Sammentrykkeligheden skrevet op i Tabel 3, og ved Siden af er det flydende Vands Sammentrykkelighed ved samme Tryk og Temperatur vedføjet for at vise, at Isen stadig sammentrykkes mindre end Vand; for »Is I«, der er den almindeligst kendte Is, kunde man have ventet

Digitized by Google

det modsatte, eftersom Vandets Vægtfylde jo er større end Isens, og det tætteste Stof som Regel har den mindste Sammentrykkelighed.

I Aar har Richards og Boyer[14]) fundet, at ogsaa flydende Gallium er dobbelt saa sammentrykkeligt som det faste, skønt Gallium i Lighed med Vand udvider sig ved Størkning. Der vil da sandsynligvis ikke findes nogen Undtagelse fra den Regel, at alle Stoffer i fast Form har mindre Sammentrykkelighed end i flydende ved samme Tryk og Temperatur.

Gaar vi nu fra de rene Stoffer over til Blandinger, finder vi, at det som sædvanlig er de vandige Opløsninger og deraf igen Saltopløsningerne, der tidligst og i størst Udstrækning er blevet undersøgt. Röntgen og Schneider[15]) har saaledes i 1886 paavist, at Opløsninger af Alkalisalte og af de tilsvarende Syrer og Baser alle sammentrykkes mindre end Vandet, og at Sammentrykkeligheden af Anioner og Kationer i nogen Grad er en additiv Egenskab. For Afhængigheden af Koncentrationen opstiller de endvidere en Ligning, der imidlertid ikke passer synderligt godt, navnlig ikke paa senere Maalinger. Det gør derimod Taits[16]) Interpolationsformel, der kun giver Afvigelser paa $^1/_{200}$, men den indeholder nu ogsaa hele to Konstanter. Dem findes der slet ingen af i Gilbauts[5]) interessante Ligning $\log \frac{\beta \text{ Opl.}}{\beta \text{ Vand}} \cdot \frac{d \text{ Opl.}}{d \text{ Vand}} \cdot \frac{1}{a} = k$, der siger, at Log. til Forholdet mellem Opløsningens og Vandets Sammentrykkelighed multipliceret med Forholdet mellem Vægtfylderne og divideret med Koncentrationen udtrykt i Molekylprocent er lig med en Størrelse, der ganske vist er konstant for hvert enkelt Salt, men som kan beregnes af Kontraktionen i uendelig fortyndet Opløsning. Foruden at Ligningen altsaa gør det muligt af Vægtfylderne af et Salt og af dets Opløsning at beregne Sammentrykkeligheden ved en hvilken som helst Koncentration, viser den tillige tydeligt Sammenhængen mellem denne Egenskab og Kontraktionen ved Opløsning, d. v. s. en Rumfangsændring, der er betinget af molekylære Kræfter.

For alle Saltopløsninger gælder det, at Sammentrykkeligheden formindskes jævnt med stigende Koncentration, dog ikke proportionalt hermed, men noget langsommere.

Det gælder ogsaa de uorganiske Syrer og Baser, kun Svovlsyren har et udpræget Minimum ved 45 pCt. Senere har det vist sig, at ogsaa Eddikesyren og dens tre Klorsubstituter, som Drucker[17]) har

Digitized by Google

undersøgt, og Urethan[18]), som jeg har maalt, har tydelige Minima. (Fig. 5). Andre organiske Stoffer som Sukker, Kasein og Pepton[19]) forholder sig derimod som Saltene, kun at de formindsker Sammentrykkeligheden noget mindre.

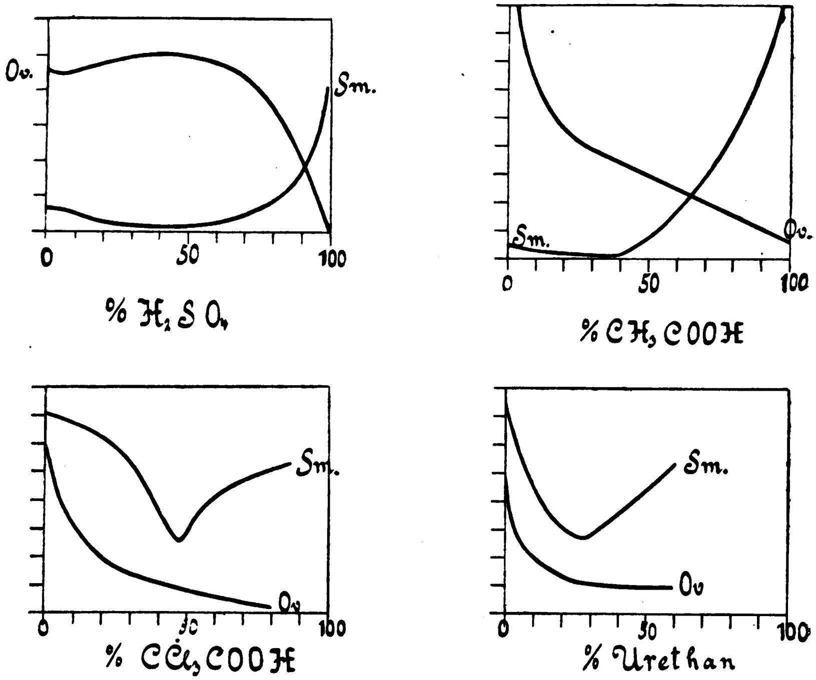


Fig. 5. Ændringen af 4 Opløsningers Sammentrykkelighed (Sm) og Overfladespænding (Ov.) med Koncentrationen.

For Opløsninger, navnlig for vandige Saltopløsninger, har Tammann[20]) fundet en betydningsfuld Sammenhæng mellem disses Varmeudvidelse og Ændringen af Opløsningsmidlets Sammentrykkelighed med Temperaturen eller, hvad der bliver det samme — blot med modsat Fortegn — Ændringen af Varmeudvidelsen med Trykket. Alle Vandets Særegenheder genfindes hos Opløsninger, naar man i Stedet for Trykket forøger Koncentrationen. En Opløsning af en bestemt Koncentration forholder sig i Henseende til Rumfangsændringer ganske som Vand under et bestemt højere Tryk, og det er derfor naturligt, at Tammann heraf slutter, at dette Tryk netop angiver

Digitized by Google

Forskellen mellem Molekylernes indre Tryk i Opløsningen og i Vandet. For at bestemme Størrelsen af dette indre Tryk behøver man da kun at udfinde, ved hvilket Tryk Vandet har samme Varmeudvidelse som den paagældende Oplosning. Det viser sig da, at 1 Grammolekyle oplost i 1000 Gram Vand gennemsnitlig forøger Trykket med 700 Atmosfærer — f. Eks. Natriumklorid med 600 og Rørsukker med 786. Ved dette Tryk skulde altsaa Vandets Sammentrykkelighed — foruden dets Varmeudvidelse — være lig med Opløsningens ved 1 Atmosfære, hvilket stemmer godt med de eksperimentelt fundne Resultater.

Værdien af Teorien skyldes dog ikke saa meget de noget usikkert bestemte, absolutte Talværdier som de sammenlignende Betragtninger, den giver Anledning til. For blot at nævne et enkelt Eksempel saa vi før, at Vandet havde et Minimum ved ca. 50° (sml. Fig. 3 a); her er Ændringen med Temperaturen altsaa Nul, og følgelig vil Varmeudvidelsen ikke forandres med Trykket, som det er vist paa Fig. 3 b. Ved samme Temperatur skulde da Varmeudvidelsen af Oplosninger være uafhængig af Koncentrationen. Den Temperatur, ved hvilket det er Tilfældet, er for Bariumklorid fundet at være 50°, for Kalium og Natriumklorid 55°, i god Overensstemmelse med Teoriens Fordringer.

Ligesom Sammentrykkeligheden altid bliver mindre, naar det ydre Tryk forøges, bliver den ogsaa mindre, som vi nu har set det, naar det indre Tryk forøges ved at opløse et Stof i Vædsken.

Denne Tanke, at Sammentrykkeligheden kan give Oplysning om de molekylære Kræfter og derigennem om Sammenhængen mellem Stoffets forskellige Egenskaber, har senere faaet en betydelig større Rækkevidde. Det skyldes først og fremmest Th. W. Richards, der drager sine Sammenligninger ud fra den Grundsætning, at jo mere et Stof i Forvejen er sammenpresset enten af ydre Tryk eller af molekylære Kræfter, desto vanskeligere er det at sammentrykke det yderligere, det vil sige desto mindre er dets Sammentrykkelighed.

Jo stærkere Molekyler og Atomer er bundne til hinanden, desto mindre vil deres samlede Rumfang blive, desto mindre vil de ved Forøgelse af Temperaturen — og dermed af Varmebevægelsen — fjernes fra hinanden, og desto vanskeligere vil de gaa fra fast til draabeflydende og derfra til luftformet Tilstand. Det skulde da medføre, at et lille Atomvolumen, en ringe Varmeudvidelse og et højt

Digitized by Google

Smelte- og Kogepunkt skulde følges af en ringe Sammentrykkelighed. Paa Kurvetavlen, Fig. 6, over 38 Grundstoffer,[21]) er Atomvægtene afsatte som Abscisser, og som Ordinater er afsat Størrelsen af Sammentrykkeligheden, af Atomvolumen, af Varmeudvidelsen og af den reciprokke Værdi af den absolutte Smeltetemperatur. Nogen simpel Proportionalitet er der ikke mellem de forskellige Størrelser, men man

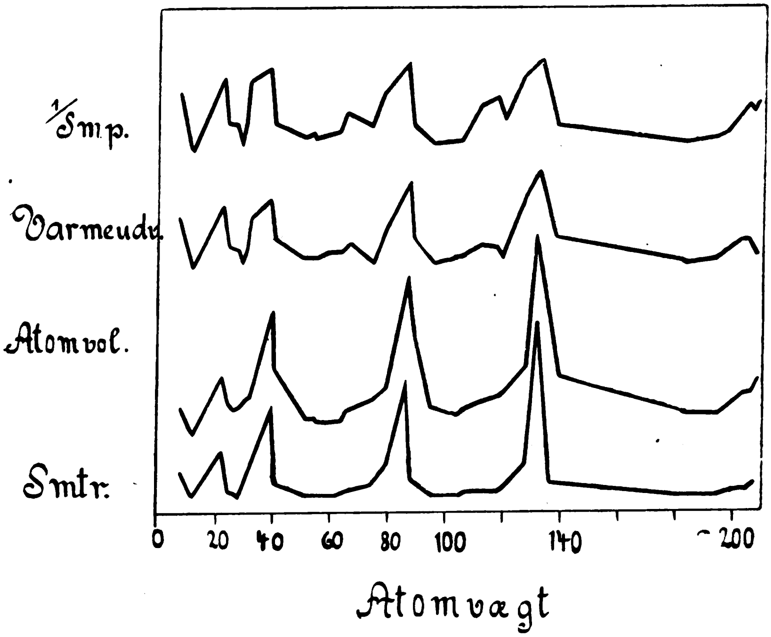


Fig. 6. Ændringen af Grundstoffernes Sammentrykkelighed, Atomvolumen, Varmeudvidelse og af den reciprokke Værdi af deres Smeltepunkter med Atomvægten.

kan dog opstille en brugelig Interpolationsformel, hvor Sammentrykkeligheden er Funktion af Atomvægt, Vægtfylde og Smeltepunkt. Iøvrigt er Sammentrykkeligheden hermed stillet i Relation til det periodiske System og dermed til alle de Forhold, der kan udledes deraf.

Richards[22]) har endvidere undersøgt Halogeniderne af Kalium, Natrium, Thallium og Sølv. Da det er kemiske Forbindelser, faar vi her to indre Tryk, nemlig Affinitetstrykket, der svarer til Tiltrækningskræfterne mellem de uensartede Atomer og Kohæsionstryk-

Digitized by Google

ket, der svarer til Kræfterne mellem de ensartede Molekyler — og Sammentrykkeligheden maa være betinget af begge.

Tabel 4.
Mol. og atom. Sammentrykkelighed af Halogenider.

		Cl	Br	J
	Grundstof	2400	1330	335
K	1430	188	271	459
Na	365	111	170	282
Tl	35,5	160	192	313
Ag	8,6	57	75	163

I Tabel 4 er optegnet saavel Sammentrykkeligheden af Forbindelserne som af de Grundstoffer, hvoraf de er dannede; det er dog ikke den sædvanlige Sammentrykkelighed, der som tidligere nævnt er Rumfangsændringen af een cm^3, men Ændringen af Rumfanget af eet Molekyle eller Atom. Man ser da straks, at Saltenes Sammentrykkelighed er betydeligt mindre end Summen af Sammentrykkelighederne af de to Bestanddele i fri Tilstand.

Desuden fremgaar det af Tabellen, at Kloriderne stadig har mindre Sammentrykkelighed end Bromiderne og disse igen mindre end Jodiderne, hvad der stemmer godt med, at det største Affinitetstryk sammenpresser Atomerne mest, saa at de — under iøvrigt lige Forhold — vanskeligst sammenpresses mere af et ydre Tryk. At denne Virkning af Affiniteten ikke giver sig saa tydeligt til Kende, naar Salte af samme Halogen og forskellige Metaller sammenlignes, mener Richards, skyldes den store Forskel i Kohæsionstrykket. For de paagældende Salte faar det tillige Betydning, at Alkalisaltene er maalt i krystallinsk og Thallium- og Sølvsalte sandsynligvis i amorf Tilstand. Fra Tammanns Undersøgelser ved vi nemlig, at f. Eks. Druesukker er omtrent dobbelt saa sammentrykkeligt i amorf som i krystallinsk Form.

Nøjes vi imidlertid med at betragte Alkalimetallernes Klorider, finder vi, som det ses af Figur 7, at Kontraktionen ved Saltets Dannelse er ligefrem proportional med Sammentrykkeligheden af det tilsvarende Alkalimetal. Det kunde tyde paa, at Affinitetstrykket er ganske ens for de fem Alkaliklorider, idet det samme Tryk jo vil formindske Rumfanget proportionalt med Sammentrykkeligheden.

Digitized by Google

Forlænges den rette Linie til Skæring med Ordinataksen, vil Skæringspunktet angive den Kontraktion — 12,5 cm^3 —, der vil finde Sted ved Dannelsen af et Salt af Klor og et usammentrykkeligt Alkalimetal. Hele Kontraktionen maa da gaa ud over Kloratomet, og da Affinitetstrykket er lige stort for alle Klorider, maa Klorets Kontraktion ogsaa være det, og følgelig bliver Metalatomets Kontraktion lig med Forskellen mellem den samlede iagttagne Kontraktion og Klorets paa 12,5 cm^3. For Litium, Natrium, Kalium, Rubidium og Cæsium bliver den henholdsvis 5,1 — 9,0 —20,6 — 24,3 — 41,1, og det er saaledes

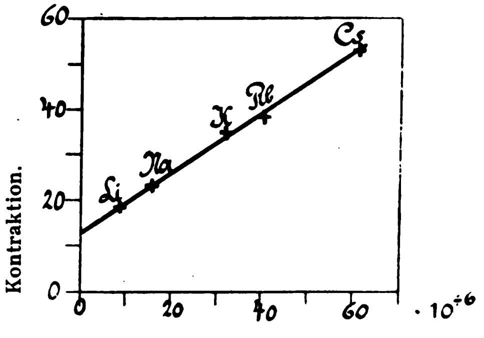


Fig. 7. Forholdet mellem Alkalikloridernes Kontraktion og Sammentrykkelighed.

ved Hjælp af Sammentrykkeligheden lykkedes at finde, hvorledes Rumfangsændringen fordeler sig over de to Komponenter.

Hverken Tammanns eller Richards Betragtninger er direkte udledet af Laplaces og van der Waals grundlæggende Ideer om det indre Tryk, ej heller er Trykkene identiske. Uden at komme ind paa en vidtløftig Udredning af Betydningen af de mange forskellige Tryk, der i Tidens Løb er defineret som indre Tryk, vil jeg kun erindre om, at Laplace mente, at Overfladespændingen bliver desto større, jo større de tiltrækkende Kræfter mellem Molekylerne er; da Sammentrykkeligheden ogsaa er afhængig heraf, kun at den bliver mindre, naar Kræfterne bliver større, er det naturligt at sammenligne de to Egenskaber. v. d. Waals har rent teoretisk udledet et Udtryk for Sammenhængen, og Richards[23]) har for ublandede Vædsker opstillet den empiriske Ligning $\beta \cdot \gamma^{4/3} = 0.0025$, hvor β er Sammentrykkeligheden og γ er Overfladespændingen. Ligningen passer udmærket for 31 organiske Vædsker — og mærkeligt nok ogsaa

Digitized by Google

for den opadstigende Gren af Kurven for vandige Urethanopløsningers Sammentrykkelighed (sml. Fig. 5).

Ellers findes der nemlig ikke nogen let gennemskuelig Sammenhæng mellem vandige Opløsningers Sammentrykkelighed og Overfladespænding. Röntgen og Schneider[15]) har ganske vist i 1886 paavist, at Rækkefølgen af Salte, Syrer og Baser bliver omtrent den samme, naar de ordnes efter stigende Overfladespænding og faldende Sammentrykkelighed af deres vandige Opløsninger, og tillige, at Svovlsyre har Maksimum af Overfladespænding omtrent ved samme Koncentration, som den har Minimum af Sammentrykkelighed (sml. Fig. 5), men de har kun undersøgt Stoffer, der forøger Overfladespændingen, og i alle de Tilfælde, hvor Overfladespændingen af Opløsningen er mindre end Vandets og formindskes med Koncentrationen, bliver Sammentrykkeligheden ogsaa mindre og ikke større, saaledes som den skulde i Overensstemmelse med Röntgen og Schneiders Opfattelse eller med Richards Ligning.

Kun naar Sammentrykkeligheden undtagelsesvis ved en vis Koncentration naar et Minimum, vil den ved højere Koncentrationer ændres modsat af Overfladespændingen, da denne stadig formindskes med stigende Koncentration, uden at vise nogen som helst til Sammentrykkelighedens Minimum svarende Ændring saaledes som det ses paa Fig. 5's Kurver for Eddikesyre, Trikloreddikesyre og Urethan.

Ogsaa Evnen til at opløse Luftarter har man sammenstillet med Sammentrykkeligheden ud fra den Tankegang, at da den Forøgelse af en Vædskes Rumfang, der finder Sted, naar en Luftart opløses deri, modvirkes af det indre Tryk, maa en Forøgelse af dette og dermed en Formindskelse af Sammentrykkeligheden fremkalde en Formindskelse af Opløseligheden.

Gustav Geffcken[24]) har maalt Opløseligheden af Brint, Ilt, Kvælstofforilte og Kuldioxyd i vandige Opløsninger af en stor Mængde Salte, Syrer og Baser og fundet en udpræget Parallelitet mellem de to Egenskaber. Endog Svovlsyrens før omtalte Minimum genfindes i dens Evne til at opløse Brint og Kuldioxyd.

Overensstemmelsen er endvidere paavist af Ritzel[25]) for mange binære organiske Vædskeblandinger. Som Eksempler vil jeg fremdrage tre: (Fig. 8) Nitrobenzol-Toluol, hvis Kurver, som det ses her, hverken har Maximum eller Minimum. Alkohol-Vand, der viser udprægede Minima ved ca. 22 pCt., samt Benzol-Eddikesyre, der har

Digitized by Google

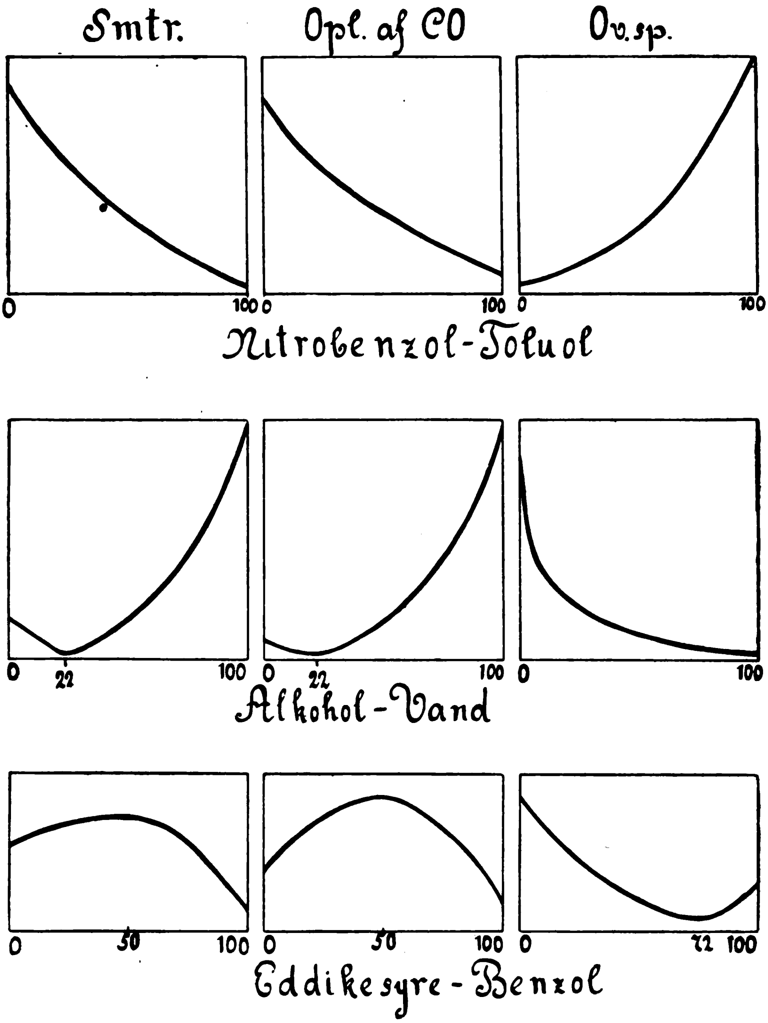


Fig. 8. Sammentrykkelighed af, Opløselighed af Kulilte i og Overfladespændingen af nogle Vædskeblandinger.

tydelige Maxima ved ca. 56 pCt. For alle tre Blandinger forløber de to Kurver ganske ens. Til Sammenligning er desuden medtaget Kurver for Overfladespændingen, der her ligesaa lidt som ved vandige Opløsninger gengiver de molekylære Kræfter paa samme Maade som Sammentrykkeligheden.

Digitized by Google

Den sidste Blanding, Benzol-Eddikesyre, besidder iøvrigt en meget sjældent forekommende Ejendommelighed, idet dens Sammentrykkelighed og Opløsningsevne ved lave Koncentrationer er større end Hovedbestanddelens.

Foruden for de allerede nævnte Egenskaber har Kendskabet til Sammentrykkeligheden Betydning for en Mængde andre Forhold, f. Eks. til Beregning af Lydens Hastighed, af Fordampningsvarmen, af Forskellen mellem Varmefylderne ved konstant Rumfang og konstant Tryk, til Bedømmelse af Retning og Hastighed af osmotisk Vædskebevægelse o. s. v. At de faste Legemers øvrige elastiske Konstanter tiltager i samme Orden som Sammentrykkeligheden behøver efter den foregaaende Udvikling kun lige at nævnes.

Ikke blot fysiske og kemiske, men ogsaa fysiologiske Egenskaber har Traube[26]) sammenstillet med Sammentrykkeligheden. Han har vist, hvorledes Stofferne, og da navnlig Saltenes Anioner og Kationer kommer i omtrent samme Rækkefølge, hvilken Egenskab og Evne de saa end ordnes efter. Mellem de 35, Traube har samlet Rækker for, kan af de fysiologiske nævnes Æggehvidefældning, Opsvulmning af Gelatine, Osmose, Plasmolyse, Hæmolyse, Resorption, Irritabiliteten af Muskler og Nerver o. s. v.

Det er øjensynligt, at der maa ligge noget fælles til Grund for denne gennemgaaende Ensartethed, og for at finde denne fælles fundamentale Størrelse har Traube i Lighed med v. d. Waals taget sin Tilflugt til Overfladespændingen, og af dennes Ændring med Koncentrationen ment at kunne beregne et indre Tryk, der skulde svare til de Kræfter, der binder de opløste Molekyler til Opløsningsmidlets Molekyler.

At der imidlertid ikke findes nogen klar og simpel Sammenhæng mellem Overfladespændingen og de øvrige Egenskaber, har vi tilfulde erfaret i det foregaaende; det gælder iøvrigt for Traubes som for alle andres Forsøg paa at knytte Stoffernes forskellige Egenskaber sammen ved Hjælp af indre Tryk, at de opstillede Relationer kun passer i Hovedtrækkene — og meget ofte kun paa et ret begrænset Forsøgsmateriale.

Søger man at gøre Rede for de mange Afvigelser eller at foretage Beregninger, støder man hurtigt paa Indflydelsen af Stoffernes individuelle Ejendommeligheder. Derfor maa, mener Richards[27]) Sammentrykkeligheden og de dermed beslægtede Egenskaber være

Digitized by Google

betinget ikke blot af Rummet mellem Atomerne, men ogsaa af Atomernes eget Rumfang; med andre Ord at Trykket ikke blot presser Atomer og Molekyler tættere sammen, men ogsaa sammenpresser selve Atomerne — og til Rumfanget af Atomerne regner Richards tillige det, der kaldes deres Virkningsomraade.

Hypotesen om saadanne sammentrykkelige Atomer er f. Eks. i Overensstemmelse med at *b* i v. d. Waals Tilstandsligning, d. v. s. Atomernes Egetrumfang, ikke er konstant men er afhængigt af Tryk og Temperatur, og den gør det forstaaeligt, at Stofferne endnu ved det absolutte Nulpunkt er kendeligt sammentrykkelige — som det fremgaar af Grüneisens[28] Maalinger ved meget lave Temperaturer.

Ved det absolutte Nulpunkt maa Atomerne nemlig, da Varmebevægelsen er ophørt, lægge sig lige klods op ad hinanden, og Stoffet følgelig blive fuldstændig usammentrykkeligt, saafremt Atomerne var det.

I Stedet for at tillægge Atomerne et sammentrykkeligt Rumfang kan man dog ogsaa som Grüneisen[28]) og senere Forskere antage, at frastødende Fjernkræfter holder Atomerne i bestemte Afstande fra hinanden. Det bliver omtrent det samme, men er i bedre Overensstemmelse med den nugældende Opfattelse af Atomernes Struktur, der ikke er forenelig med nogen Rumfangsbegrænsning. Richards Hypotese, der har været en udmærket Arbejdshypotese, kan derfor nu betragtes som en passende Overgang fra den kinetiske Teoris haarde Kugler til Atomerne af negative Elektroner kredsende omkring positive Kerner. For disse sidste bliver Spørgsmaalet om deres Sammentrykkelighed et Spørgsmaal om, hvorvidt og hvorledes Elektronernes Baner og Energiforhold ændres ved Trykket.

Foreløbig vil vi nu nøjes med at betragte Atomernes Svingninger. Næsten alle krystallinske Stoffer, hvortil ogsaa Metallerne regnes, antages nu paa Grund af deres Røntgenspektre at være opbyggede ikke af Molekyler men af enkelte Atomer, der svinger om Ligevægtsstillinger, i et Rumgitter, der ofte svarer til Krystalformen. Disse Svingningers Frekvens d. v. s. Antallet af Svingninger i Sekundet viser sig mere og mere som en fundamental Egenskab, hvoraf man kan beregne saavel elastiske som termiske og optiske Konstanter.

Den første, det lykkedes at beregne Atomfrekvenser af Sammentrykkelighed var Madelung[29]), hvis Ligning ganske svarer til den Einstein[30]) i 1911 — Aaret efter — udledede ud fra helt andre Forudsætninger.

Digitized by Google

Efter Einstein er ($\nu = 3{,}3 \cdot 10^7 \cdot M^{-1/3} \cdot \varrho^{-1/6} \cdot \beta^{-1/2}$) Atomfrekvensen lig med $3{,}3 \cdot 10^7$ divideret med Kubikroden af Atomvægten M, med den 6te Rod af Vægtfylden ϱ og med Kvadratroden af Sammentrykkeligheden β, udtrykt i Dyn pr. cm^2.

Som det ses, bliver altsaa Frekvensen størst, Svingningerne hurtigst, naar Sammentrykkeligheden er mindst. Da Atomerne forudsættes at udføre retlinede pendulagtige Svingninger, maa Kraften, der fører dem mod Midtstillingen, være størst for de hurtigste Svingninger, og vi ser da her igen, at jo større de indre Kræfter er, jo mindre er Sammentrykkeligheden. Ligeledes genfinder vi ved Atomsvingningerne Sammentrykkelighedens tidligere omtalte Afhængighed af Tryk og Temperatur og af Varmeudvidelse og Varmefylde. Det er udregnet af Grüneisen[28]), der tilmed ved rent kinetiske Betragtninger har kunnet opstille en Tilstandsligning for faste Stoffer.

Tabel 5.
Atomfrekvenser (ν) og Sammentrykkelighed (β) af Metaller.

	Nernst Lindemann	Einstein	Bernoulli	Grüneisen
Al	8,45	7,9	1,21	1,31
Ni	8,0	7,9	0,53	0,57
Fe	8,4	7,6	0,51	0,62
Cu	6,7	6,6	0,73	0,73
Ag	4,6	4,8	1,02	0,92
Pb	2,0	2,2	3,47	3,2
Zn	4,9	4,6		
Cd	2,9	3,1		
Si	13,0	14,7		

Forholdet til Varmefylden kan vel udledes af denne Ligning, men det træder tydeligere frem, naar det erindres, at man ved Hjælp af Kvanteteorien kan beregne Atomfrekvensen af Varmefylden. I Tabel 5 findes Frekvenserne dels beregnet af Varmefylden med Nernst-Lindemanns Formel, dels af Sammentrykkeligheden med Einsteins Formel. Man kan følgelig ogsaa omvendt beregne Sammentrykkeligheden af de Atomfrekvenser, der er fundne ved Hjælp af Varmefylden. En saadan Beregning er udført i Fjor af Bernoulli[31]), der samtidig har vist, hvorledes Einsteins Formel,

Digitized by Google

tilmed med en rigtigere Konstant — nemlig $3{,}226 \cdot 10^7$ —, kan udledes meget simpelt af Molekylernes kinetiske Svingningsenergi, uden at det er nødvendigt at antage nogen frastødende eller tiltrækkende Kraft mellem Molekylerne. I Tabellens 4de og 5te Kolonne er anført de af Bernoulli beregnede og i god Overenstemmelse dermed de af Grüneisen bestemte Sammentrykkelighedskoefficienter for 6 Metaller.

Da Lindemann[32]) har kunnet udtrykke Sammenhængen mellem Grundstoffernes Smeltepunkt, Atomvolumen og deres Atomers Frekvenser i en let anvendelig Ligning, og da Koref[33]) har fundet, hvorledes Frekvensen af Grundstoffernes Atomer ændres, naar de indgaar kemiske Forbindelser med hinanden, vil man sandsynligvis ud fra Atomernes Svingninger ogsaa kunne regne sig til Sammentrykkelighedens tidligere fundne Afhængighed af Atomvolumen, Smeltepunkt og det, Richards kaldte Affinitetstrykket.

Det ligger nær at forsøge paa at finde de beregnede Frekvenser ad spektralanalytisk Vej. Det er dog ikke gørligt, da Metallernes Atomer som Helhed er uelektriske og derfor ikke kan paavirke elektriske Straaler. Anderledes er det med Stoffer som Natriumklorid, der indeholder positivt ladede Natriumatomer og negativt ladede Kloratomer. Det har virkelig vist sig, at Natriumklorid har et Spektralbaand ved ca. 53 μ svarende til en Frekvens, der er $5{,}7 \cdot 10^{12}$, medens de Frekvenser, der beregnes af Varmefylden, er $5{,}9 \cdot 10^{12}$.

Det er nu lykkedes Bernoulli[34]) at finde en Relation mellem Sammentrykkeligheden og de af Rubens og Hollnagel[35]) bestemte Bølgelængder af forskellige Saltes Reststraaler, d. v. s. de Straaler, der fremkommer ved flere Gange gentagen Tilbagekastning fra Saltenes Overflader. Det bliver derved muligt at beregne Sammentrykkeligheden af Bølgelængden og omvendt. Bernoullis Beregninger giver tilfredsstillende Resultater ikke blot for Alkalihalogenidernes toatomede Salte, men endog for de mere kompliceret byggede Krystaller af Flusspat, Kalkspat og Bjergkrystal. Eksempelvis kan jeg nævne, at for Natriumklorid, hvor de til Kloratomet og Natriumatomet svarende Bølgelængder er henholdsvis 53,6 og 46,9 μ, beregnes Sammentrykkeligheden til henholdsvis 4,8 og $4{,}9 \cdot 10^{-6}$, medens Richards fandt $5{,}0 \cdot 10^{-6}$. For Flusspat er de beregnede Værdier for Fluor og Calcium 1,27 og 1,34, medens den iagttagne Sammentrykkelighed er $1{,}20 \cdot 10^{-6}$.

Digitized by Google

Endnu et Skridt videre er Born gaaet, idet han i kubiske Krystalgitre, opbygget af Bohr'ske Atomer, har beregnet Afstanden mellem to Atomer kun ved Hjælp af universelle Konstanter og hele Tal, f. Eks. Atomnumre, Valenstal o. s. v. Born og Landé[36]) benytter derefter denne Gitterkonstant til Beregning af Sammentrykkeligheden under Forudsætning af, at to Ringsystemer i tilstrækkelig ringe Afstand virker paa hinanden med en Kraft, der er omvendt proportional med 5te Potens af Afstanden. Derved finder de ganske vist, at de konstruerede Krystalgitre bliver omtrent dobbelt saa bløde som de virkelige, men forudsættes en Ændring af Kraften med 9ende Potens af Afstanden, giver Beregningen Værdier, der stemmer fortrinligt med de eksperimentelt fundne. Denne høje Potens kræver imidlertid en Antagelse af, at Elektronernes Baner ikke ligger i en Plan, men er rumlige, hvad der jo ogsaa synes naturligst.

Ejendommeligt nok viser en af Born og Landés Ligninger, at Sammentrykkeligheden — under visse Forudsætninger — er lig med en Konstant multipliceret med Atomvolumenet, saaledes som Richards for mange Aar siden har fundet det ved mere kvalitative Overvejelser.

Det maa dog erindres, at alle de nævnte Betragtninger af Atomers og Elektroners Svingninger endnu kun gælder faste Stoffer og endda kun saadanne med ret simpelt byggede Rumgitre.

For ingen af de Teorier, jeg har omtalt i Aften, har jeg gjort Rede for de ofte lange og vidtløftige matematiske Udviklinger, der viser deres Berettigelse, Anvendelighed og Begrænsning; jeg har undladt det, fordi det i denne Sammenhæng kun gjaldt om at pege paa den Betydning, Kendskabet til Sammentrykkeligheden har haft for Opfattelsen af de molekylære Kræfter og Bevægelser, og fordi det navnlig har været min Hensigt at vise, hvorledes man for at forstaa og forklare Sammenspillet mellem de forskellige Egenskaber først har prøvet ud fra en enkelt at slutte sig til indre Tryk og derefter har benyttet Atomernes Svingninger for endelig at vove en Beregning af Kraftfordelingen i selve de elektromagnetiske Felter, som frembringes af Atomdelenes Svingninger, og hvorledes Forstaaelsen af og Kendskabet til Sammentrykkeligheden stadig har haft en vejledende og støttende Betydning for denne Udvikling.

Den polytekniske Læreanstalts kemiske Laboratorium B.
København, Oktober 1919.

Digitized by Google

Litteraturhenvisninger.

[1]) H. C. Ørsted: Oversigt over det kgl. danske Vidensk. Selskabs Forhandlinger. 1818—19; 1822—23; 1826—27; 1827—28; 1832—33. Ann. d. Physik *9*, 603 (1827); *12*, 158 og 513 (1828).

[2]) Colladon og Sturm: Ann. de Chim. et de Phys. (2) *35*, 113 og 225 (1827); samme Afhandling i Ann. d. Physik (2) *12*, 39 og 161 (1828).

[3]) Amagat: Ann. de Chim. et de Phys. (6) *29*, 68 og 505 (1893); heri en Oversigt over Amagats Arbejder.

[4]) Cailletet: Compt. rend. de Paris *70*, 113 (1872).

[5]) Gilbaut: Zeitschr. physik. Chem. *24*, 385 (1897).

[6]) Tait: Proc. Roy. Soc. Edinburgh *13*, 2 (1884—85).

[7]) Richards: Carnegie Institution. Publications Nr. 7 (1903) og Nr. 76 (1907); Journ. Amer. Chem. Soc. *34*, 974 (1912). Staalpiezometret: Journ. Amer. Chem. Soc. *37*, 470 (1915).

[8]) Bridgman: Proc. Amer. Acad. of Arts and Science (Boston) *44*, Nr. 8, 9 og 10 (1909); *47*, Nr. 11 og 12 (1911) og Nr. 13 (1912); *49*, Nr. 1 (1913) og Nr. 11 (1914).

[9]) Adams, Williamson og Johnston: Journ. Amer. Chem. Soc. *41*, 12 (1919).

[10]) Richards: Ibid, *34*, 973 (1912) (undtagen Kviksølv).

[11]) Tumlirz: Sitzungsber. d. Wiener Acad., math.-nat. Kl. *118*, 203 (1909).

[12]) Bridgman: Proc. Amer. Acad. of Arts. and Science *48*, Nr. 9 (1912).

[13]) Bridgman: Ibid. *47*, Nr. 13 (1912).

[14]) Richards og Boyer: Journ. Amer. Chem. Soc. *41*, 133 (1919).

[15]) Röntgen og Schneider: Ann. d. Physik (3) *29*, 195 (1886).

[16]) Tait: Proc. Roy. Soc. Edinburgh, *20*, 63 (1892).

[17]) Drucker: Zeitschr. physik. Chem. *52*, 641 (1905).

[18]) Richards og Palitzsch: Journ. Amer. Chem. Soc. *41*, 61 (1919).

[19]) Palitzsch: Ibid. *41*, 346 (1919).

[20]) Tammann: »Ueber die Beziehungen zwischen den inneren Kräften und Eigenschaften der Lösungen« 1907. Leipzig.

[21]) Richards: Journ. Amer. Chem. Soc. *38*, 1649 (1916).

[22]) Richards: Ibid. *31*, 158 (1908); *36*, 2431 (1914).

[23]) Richards: Ibid. *30*, 11 (1908); Zeitschr. physik Chem. *61*, 451 (1908).

[24]) Geffcken: Ibid. *49*, 257 (1904).

[25]) Ritzel: Ibid. *60*, 319 (1907).

[26]) Traube: Arch. ges. Physiol. (Pflügers) *132*, 511 (1910); *140* 109 (1911).

[27]) Richards: Journ. Amer. Chem. Soc. *36*, 2417 (1914).

Digitized by Google

[28]) Grüneisen: Ann. d. Physik. *39*, 291 (1912); »Molekulartheorie der festen Körper« 1913. En udmærket Oversigt findes i Jelli-neck: »Lehrbuch der physik Chem.« II.
[29]) Madelung: Physik. Zeitschr. *11*, 898 (1910).
[30]) Einstein: Ann. d. Physik. (4) *34*, 170 (1911).
[31]) Bernoulli: Helvetica chim. acta *1*, 278 (1918).
[32]) Lindemann: Physik. Zeitschr. *11*, 609 (1911).
[33]) Koref: Ibid. *13*, 183 (1912).
[34]) Bernoulli: Helvetia chim. acta *1*, 289 (1919).
[35]) Rubens og Hollnagel: Ber. Deutsch. Physik. Ges. *12*, 83 (1910).
[36]) Born og Landé: Ibid. *20*, 210 (1918).
[37]) Ernst Cohen og W. Schut: Piezochemie. Leipzig 1919.

Nogle Eksempler paa Elektronteknik.

Referat ved J. C. Jacobsen af et Foredrag af Professor P. O. Pedersen*).

Naar en Traad af Kul eller Metal opvarmes til Glødhede, afgiver den som bekendt Elektroner; i det følgende er det kun Forholdene i højt Vakuum, der har Interesse. Anbringer man i Nærheden af Glødetraaden en Metalplade, der holdes paa positiv Spænding, gaar der en Strøm af Elektroner fra Traaden til Metalpladen. Strømstyrken kan i Almindelighed fremstilles ved Richardsons Ligning

$$i = a\sqrt{T}e^{-\frac{b}{T}},$$

hvor a og b er Konstanter og T Glødetraadens absolutte Temperatur. Formlen giver i Almindelighed god Overensstemmelse med Forsøgene, men man har ogsaa fundet temmelig paafaldende Undtagelser; f. Eks. bevirker en ganske ringe Mængde Brint i Apparatet, at man faar en enorm Forøgelse af Strømmen fra en glødende Platintraad. Hvis man indsætter de ældre Værdier for a og b for Kul i Richardsons Ligning, faar man, at man med den Temperatur, der findes i en almindelig Glødelampe, skulde faa en Elektronstrøm paa flere Amp./cm^2; ved Forsøg er det let at vise, at Strømmen kun beløber sig til nogle faa Milliamp.

Disse og andre lignende Iagttagelser gjorde, at der for nogle Aar siden rejstes Tvivl om Fænomenets Realitet; man kom efterhaanden

*) Holdt i Fysisk Forening d. 27. Novbr. 1919.

Digitized by Google

ind paa den Opfattelse, at Elektronemissionen fra glødende Legemer kun var en sekundær Virkning af kemiske Reaktioner mellem Glødetraaden og Luftresten i Apparatet. I 1913 fremkom der saa en Afhandling af Langmuir, der paa det nærmeste opklarede Spørgsmaalet. Det blev her vist, at der virkelig finder en Udsendelse Sted af Elektroner, og at Uregelmæssighederne i al Fald i mange Tilfælde kan henføres til Indflydelsen af en negativ Rumladning. Da Resultaterne har Betydning for det følgende, skal der her gives et kort Resumé af Langmuirs Arbejde.

Forsøgene blev udført med en Slags Glødelampe, der indeholdt to

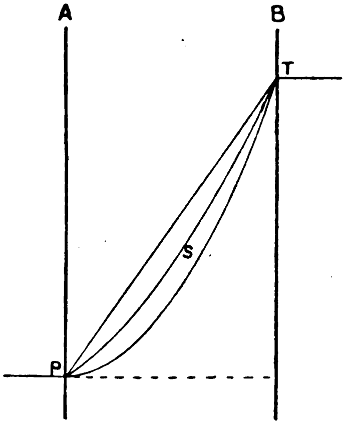


Fig. 1.

u-formede Wolframtraade, hvoraf den ene benyttedes som Glødekatode, den anden som Anode. Under Udpumpningen blev hele Apparatet holdt opvarmet til 360° i en Time for at fjerne Vanddamp, Luftrest o. s. v. saa fuldstændigt som muligt. Paa Fig. 2 er vist nogle af Forsøgsresultaterne. Som Abscisse er afsat Glødetraadens absolutte Temperatur, som Ordinat Strømstyrken i Amp. pr. cm^2. De tre Kurver er optagne med Anodespændinger paa henholdsvis 60, 120 og 240 Volt. Man ser, at man med stigende Temperatur faar en Mætningsstrøm, der er desto stærkere, jo højere Anodens Spænding er. Langmuir viste nu, at Mætningsstrømmens Optræden skyldes Tilstedeværelsen af en rumlig fordelt negativ Ladning mellem Glødetraaden og Anoden. Teorien kan kort gengives som følger:

Vi betragter to uendelige, parallele Planer A og B (Fig. 1), hvoraf

A opvarmes til Glodhede, medens B holdes paa en positiv Spænding. Som en forste Tilnærmelse antager vi, at Elektronerne bevæger sig med konstant Hastighed v i Mellemrummet; Tætheden $\varrho = \frac{i}{v}$ er da ogsaa konstant, og det folger af Laplace's Ligning

$$\nabla^2 V = -4\pi\varrho$$

eller

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = -4\pi\varrho,$$

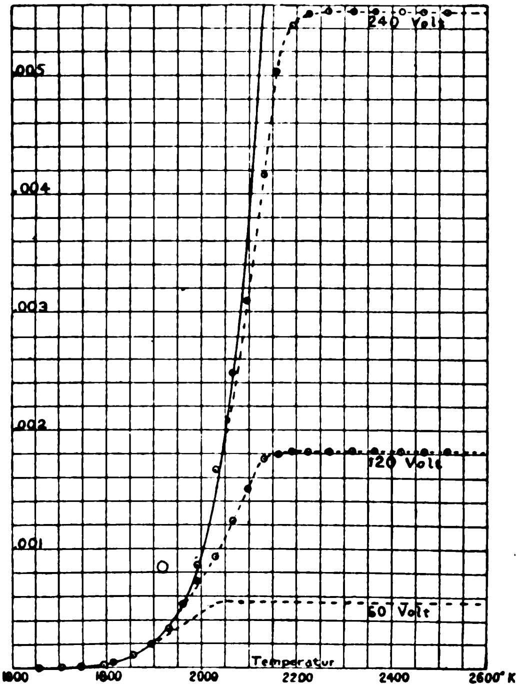


Fig. 2.

at Potentialet vil variere efter en Parabel PST; den rette Linie PT viser Potentialets Variation, naar der ingen Elektroner findes i Mellemrummet. Sætter man Temperaturen op, vil Elektrontætheden vokse, indtil Kurven bliver en Parabel med en vandret Tangent i P. Strømmen har nu naaet sin Maksimumsværdi; en yderligere Forøgelse af Elektrontætheden vilde nemlig give et Spændingsfald

Digitized by Google

umiddelbart op til den glødende Plade, der vilde drive Elektronerne tilbage igen, naar de, som her er forudsat, kommer ud uden nogen kendelig Begyndelseshastighed. Virkningen af Rumladningen er altsaa, at der optræder en Mætningsstrøm med stigende Temperatur af Katoden. Den optrukne Kurve paa Fig. 2 fremstiller den Kurve, som man vilde faa, hvis Richardsons Ligning gjaldt nøjagtigt; det er altsaa den Kurve, som man vilde faa, hvis Anodens Potential var tilstrækkelig højt til at føre alle de frigjorte Elektroner over til Anoden.

En mere nøjagtig Løsning faar man paa følgende Maade. Lad V være Potentialet i en Afstand x fra Pladen A (Fig. 1); den kinetiske Energi af en Elektron, der har gennemløbet Afstanden x fra Pladen A, er

$$\tfrac{1}{2} m v^2 = Ve;$$

Strømmen pr. cm^2 er

$$i = \varrho \cdot v;$$

endelig gælder Laplace's Ligning

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = 4\pi\varrho,$$

idet vi for Simpelheds Skyld regner e og ϱ positive.

Eliminerer man af de 3 Ligninger ϱ og v, faar man

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = 2\pi \sqrt{2} \sqrt{\frac{m}{e}} \cdot \frac{i}{\sqrt{V}};$$

ved Multiplikation med $2\frac{dV}{dx}$ og Integration faas

$$\left(\frac{dV}{dx}\right)^2 - \left(\frac{dV}{dx}\right)_0^2 = 8\pi i \sqrt{\frac{2mV}{e}};$$

da vi her kun interesserer os for Mætningsstrømmen, kan vi sætte $\left(\frac{dV}{dx}\right)_0 = 0$. Man faar altsaa

$$\frac{dV}{dx} = \sqrt{8\pi i} \sqrt[4]{\frac{2mV}{e}},$$

$$i = \frac{\sqrt{2}}{9\pi} \sqrt{\frac{e}{m}} \cdot \frac{V^{\frac{3}{2}}}{x^2}.$$

Digitized by Google

[28]) Grüneisen: Ann. d. Physik. *39*, 291 (1912); »Molekulartheorie der festen Körper« 1913. En udmærket Oversigt findes i Jellineck: »Lehrbuch der physik Chem.« II.
[29]) Madelung: Physik. Zeitschr. *11*, 898 (1910).
[30]) Einstein: Ann. d. Physik. (4) *34*, 170 (1911).
[31]) Bernoulli: Helvetica chim. acta *1*, 278 (1918).
[32]) Lindemann: Physik. Zeitschr. *11*, 609 (1911).
[33]) Koref: Ibid. *13*, 183 (1912).
[34]) Bernoulli: Helvetia chim. acta *1*, 289 (1919).
[35]) Rubens og Hollnagel: Ber. Deutsch. Physik. Ges. *12*, 83 (1910).
[36]) Born og Landé: Ibid. *20*, 210 (1918).
[37]) Ernst Cohen og W. Schut: Piezochemie. Leipzig 1919.

Nogle Eksempler paa Elektronteknik.

Referat ved J. C. Jacobsen af et Foredrag af Professor P. O. Pedersen*).

Naar en Traad af Kul eller Metal opvarmes til Glødhede, afgiver den som bekendt Elektroner; i det følgende er det kun Forholdene i højt Vakuum, der har Interesse. Anbringer man i Nærheden af Glødetraaden en Metalplade, der holdes paa positiv Spænding, gaar der en Strøm af Elektroner fra Traaden til Metalpladen. Strømstyrken kan i Almindelighed fremstilles ved Richardsons Ligning

$$i = a\sqrt{T}e^{-\frac{b}{T}},$$

hvor a og b er Konstanter og T Glødetraadens absolutte Temperatur. Formlen giver i Almindelighed god Overensstemmelse med Forsøgene, men man har ogsaa fundet temmelig paafaldende Undtagelser; f. Eks. bevirker en ganske ringe Mængde Brint i Apparatet, at man faar en enorm Forøgelse af Strømmen fra en glødende Platintraad. Hvis man indsætter de ældre Værdier for a og b for Kul i Richardsons Ligning, faar man, at man med den Temperatur, der findes i en almindelig Glødelampe, skulde faa en Elektronstrøm paa flere Amp./cm^2; ved Forsøg er det let at vise, at Strømmen kun beløber sig til nogle faa Milliamp.

Disse og andre lignende Iagttagelser gjorde, at der for nogle Aar siden rejstes Tvivl om Fænomenets Realitet; man kom efterhaanden

*) Holdt i Fysisk Forening d. 27. Novbr. 1919.

Digitized by Google

ind paa den Opfattelse, at Elektronemissionen fra glødende Legemer kun var en sekundær Virkning af kemiske Reaktioner mellem Glødetraaden og Luftresten i Apparatet. I 1913 fremkom der saa en Afhandling af Langmuir, der paa det nærmeste opklarede Spørgsmaalet. Det blev her vist, at der virkelig finder en Udsendelse Sted af Elektroner, og at Uregelmæssighederne i al Fald i mange Tilfælde kan henføres til Indflydelsen af en negativ Rumladning. Da Resultaterne har Betydning for det følgende, skal der her gives et kort Resumé af Langmuirs Arbejde.

Forsøgene blev udført med en Slags Glødelampe, der indeholdt to

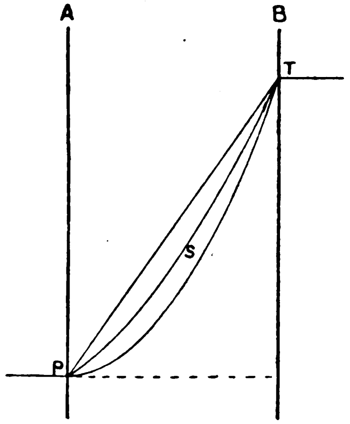


Fig. 1.

u-formede Wolframtraade, hvoraf den ene benyttedes som Glødekatode, den anden som Anode. Under Udpumpningen blev hele Apparatet holdt opvarmet til 360° i én Time for at fjerne Vanddamp, Luftrest o. s. v. saa fuldstændigt som muligt. Paa Fig. 2 er vist nogle af Forsøgsresultaterne. Som Abscisse er afsat Glødetraadens absolutte Temperatur, som Ordinat Strømstyrken i Amp. pr. cm². De tre Kurver er optagne med Anodespændinger paa henholdsvis 60, 120 og 240 Volt. Man ser, at man med stigende Temperatur faar en Mætningsstrøm, der er desto stærkere, jo højere Anodens Spænding er. Langmuir viste nu, at Mætningsstrømmens Optræden skyldes Tilstedeværelsen af en rumlig fordelt negativ Ladning mellem Glødetraaden og Anoden. Teorien kan kort gengives som følger:

Vi betragter to uendelige, parallele Planer A og B (Fig. 1), hvoraf

Digitized by Google

A opvarmes til Glodhede, medens *B* holdes paa en positiv Spænding. Som en første Tilnærmelse antager vi, at Elektronerne bevæger sig med konstant Hastighed *v* i Mellemrummet; Tætheden $\varrho = \frac{1}{v}$ er da ogsaa konstant, og det følger af Laplace's Ligning

$$\nabla^2 V = -4\pi\varrho$$

eller

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = -4\pi\varrho,$$

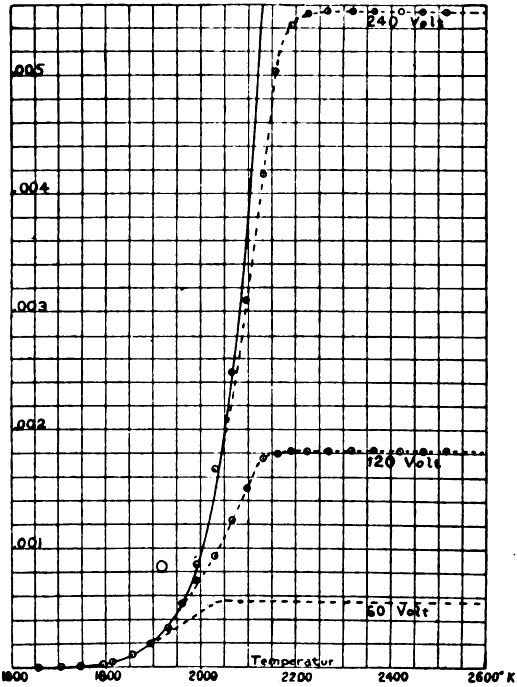


Fig. 2.

at Potentialet vil variere efter en Parabel *PST*; den rette Linie *PT* viser Potentialets Variation, naar der ingen Elektroner findes i Mellemrummet. Sætter man Temperaturen op, vil Elektrontætheden vokse, indtil Kurven bliver en Parabel med en vandret Tangent i *P*. Strømmen har nu naaet sin Maksimumsværdi; en yderligere Forøgelse af Elektrontætheden vilde nemlig give et Spændingsfald

Digitized by Google

umiddelbart op til den glødende Plade, der vilde drive Elektronerne tilbage igen, naar de, som her er forudsat, kommer ud uden nogen kendelig Begyndelseshastighed. Virkningen af Rumladningen er altsaa, at der optræder en Mætningsstrøm med stigende Temperatur af Katoden. Den optrukne Kurve paa Fig. 2 fremstiller den Kurve, som man vilde faa, hvis Richardsons Ligning gjaldt nøjagtigt; det er altsaa den Kurve, som man vilde faa, hvis Anodens Potential var tilstrækkelig højt til at føre alle de frigjorte Elektroner over til Anoden.

En mere nøjagtig Løsning faar man paa følgende Maade. Lad V være Potentialet i en Afstand x fra Pladen A (Fig. 1); den kinetiske Energi af en Elektron, der har gennemløbet Afstanden x fra Pladen A, er

$$\tfrac{1}{2}\, m\, v^2 = Ve;$$

Strømmen pr. cm² er

$$i = \varrho \cdot v;$$

endelig gælder Laplace's Ligning

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = 4\pi\varrho,$$

idet vi for Simpelheds Skyld regner e og ϱ positive.

Eliminerer man af de 3 Ligninger ϱ og v, faar man

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = 2\pi \sqrt{2} \sqrt{\frac{m}{e}} \cdot \frac{i}{\sqrt{V}};$$

ved Multiplikation med $2\,\dfrac{dV}{dx}$ og Integration faas

$$\left(\frac{dV}{dx}\right)^2 - \left(\frac{dV}{dx}\right)_0^2 = 8\pi\, i \sqrt{\frac{2mV}{e}};$$

da vi her kun interesserer os for Mætningsstrømmen, kan vi sætte $\left(\dfrac{dV}{dx}\right)_0 = 0.$ Man faar altsaa

$$\frac{dV}{dx} = \sqrt{8\pi\, i} \sqrt[4]{\frac{2mV}{e}},$$

$$i = \frac{\sqrt{2}}{9\pi} \sqrt{\frac{e}{m}} \cdot \frac{V^{\frac{3}{2}}}{x^2}.$$

Digitized by Google

Denne Formel giver Tætheden af den maksimale Elektronstrøm mellem to uendelige parallele Planer med Afstanden x og med en Spændingsforskel V; det forudsættes som nævnt, at Elektronerne kommer ud uden nogen kendelig Begyndelseshastighed. Det kan vises, hvad vi her ikke skal gaa nærmere ind paa, at Mætningsstrømmen altid vil være proportional med $V^{\frac{3}{2}}$, uafhængig af Elektrodeformen.

Disse Elektronstrømme i højt Vakuum har i de seneste Aar faaet en udstrakt teknisk Anvendelse, navnlig i Modtagerapparater til traadløs Telegrafi. Det er for en stor Del Krigsforholdene, der har gjort, at den tekniske Udformning er foregaaet saa hurtigt.

Vi vil først betragte Anvendelsen til Ensretning af højspændte Vekselstrømme. En saadan Ensretter (»Kenotron«) bestaar af et evakueret Rør, hvori der findes en Glødetraad og en Anode. Anoden bestaar i Praksis af to Plader, en paa hver Side af Glødetraaden, for at undgaa for stærke elektrostatiske Kræfter. Naar Glødetraaden er

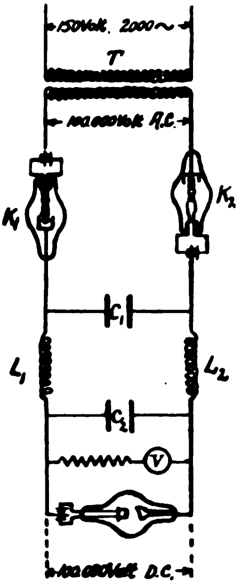


Fig. 3 a.

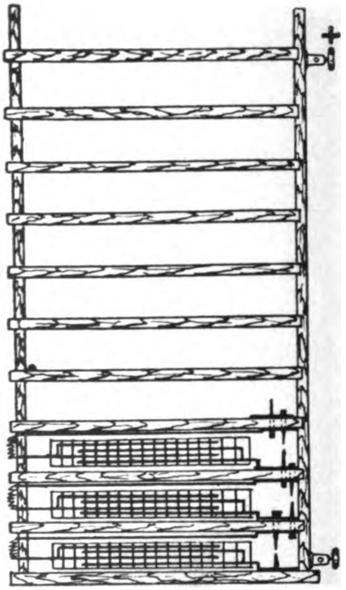


Fig. 3 b.

Katode, har Apparatet maaske en Modstand paa nogle hundrede Ohm, medens Modstanden i den anden Retning praktisk talt er uendelig. Ved Ensretning af højspændte Vekselstrømme har man kunnet frem-

Digitized by Google

bringe en konstant Spænding paa indtil 100 000 Volt, og der er ingen Tvivl om, at den vil kunne drives adskilligt højere.

Her skal beskrives en Opstilling, der i Amerika med udmærket Resultat har været anvendt til Drift af Røntgenrør. Opstillingen (Fig. 3 a) indeholder en Vekselstrømgenerator og en Transformator, 2 »Kenotroner«, 2 Kondensatorer C_1 og C_2 og to Selvinduktioner L_1 og L_2.

Generatoren giver 150 Volt med 2000 Perioder pr. Sek. Spændingen transformeres op til 100 000 Volt ved Hjælp af Transforma-

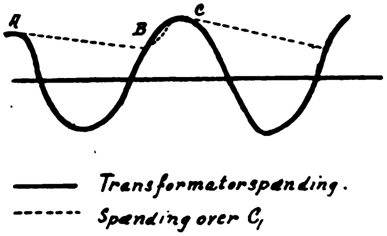


Fig. 3 c.

toren T; Transformatorens Jernkærne er forsynet med et Luftmellemrum, da man ellers ikke kan faa Jernet afmagnetiseret ved saa højt Periodetal. For hver Periode modtager C_1 en vis Ladning gennem de to Kenotroner, som den under den resterende Del af Perioden afgiver gennem L_1 og L_2; paa Fig. 3 c er vist Variationen af Spændingen ved Polerne af C_1: Udladningen foregaar fra A til B, Opladningen fra B til C. Ved den her beskrevne Opstilling varierede Spændingen ved Polerne af C_1 25 pCt. under hver Periode. C_1 og C_2 bestaar hver af 10 Kondensatorer paa 0,01 Mikrofarad, der er indskudt i Række, saa at den samlede Kapacitet for hver bliver 0,001 Mikrofarad. For at fordele den høje Spænding ligeligt over de enkelte Kondensatorer er der desuden anbragt en Slags Sikringer. Hvis nemlig en af Kondensatorerne af en eller anden Grund »lækker« mere end de andre, stiger Spændingen paa denne Kondensator, hvorved Ladningstabet bliver endnu større o. s. v., indtil der sker Gennemslag; derefter begynder det samme Spil forfra igen, indtil alle Kondensatorerne er ødelagte. En saadan Sikring bestaar simpelthen af to Synaale, der er anbragt med Spidserne i en passende Afstand; hvis Spændingen bliver for høj, sker der blot en Udladning over Spidserne (Fig. 3 b).

Af Fig. 3 c ses, at Spændingen ved Polerne af C_1 kan betragtes

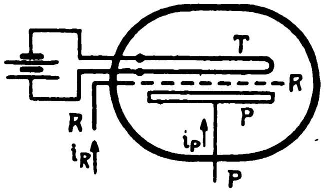
Digitized by Google

som en konstant Spænding + en Vekselspænding; disse to adskilles ved Hjælp af L_1, L_2 og C_2. Som Selvinduktioner benyttes Sekundærviklingen i en lille Transformator; L_1 og L_2 er hver af Størrelsesordenen 200 Henry; C_2 er indrettet paa samme Maade som C_1. Forholdet mellem Spændingsvariationerne ved Polerne af C_1 og C_2 er det samme som Forholdet mellem Impedanserne af C_2 og $C_2 + L_1 + L_2 =$

$$\frac{\frac{1}{C_2\omega}}{\frac{1}{C_2\omega} + (L_1 + L_2)\omega} = \frac{1}{C_2(L_1 + L_2)\omega^2} = \frac{1}{64};$$

med en Variation paa 25 pCt. ved Polerne af C_1 faar man altsaa en Variation paa ca. $\frac{1}{2}$ pCt. ved Polerne af C_2. Ved Optagelser med Oscillograf har det vist sig, at Variationen var af den beregnede Størrelsesorden.

Man ser, at man med højt Periodetal kan nøjes med mindre Kapacitet, hvorved Opstillingen bliver billigere. Det bliver undertiden



Termionrør med 3 Elektroder.
T - Glødetraad. V_R - Ristpotential,
R - Rist. V_P - Pladepotential,
P - Plade. Begge i Forhold til T.

Fig. 4.

antaget, at en Selvinduktion alene vil virke udjævnende paa en pulserende Spænding; dette er naturligvis kun rigtigt, hvis der gaar Strøm igennem den. Kondensatoren C_2 er derfor nødvendig. Hvis man f. Eks. bruger Opstillingen til at drive et Røntgenrør af Coolidge-Typen, hvis Impedans er uendelig stor, vil Selvinduktionen ikke have nogensomhelst udjævnende Virkning paa Spændingen, hvis C_2 er fjernet.

Vi gaar nu over til at betragte de Resultater, som man kan opnaa

Digitized by Google

ved at anbringe en tredje Elektrode i et saadant Vakuumrør; Røret indeholder nu altsaa en Glødekatode, en Anode og imellem dem den saakaldte Rist, der som Regel bestaar af et Netværk af fine Metaltraade (Fig. 4).

Ved Indførelsen af Risten opnaar man paa en bekvem Maade at kunne variere Strømmen mellem Katode og Anode uden at behøve at variere Anodens Spænding. Da Elektronerne kommer ud fra Katoden uden nogen kendelig Begyndelseshastighed, er det klart, at der kun behøves et svagt elektrisk Felt mellem Katoden og Risten for helt at stoppe Udsendelsen af Elektroner; i det hele taget vil Apparatet være meget følsomt overfor Svingninger i Ristens Potential. For at Risten skal kunne give en effektiv Kontrol med Elektronstrøm-

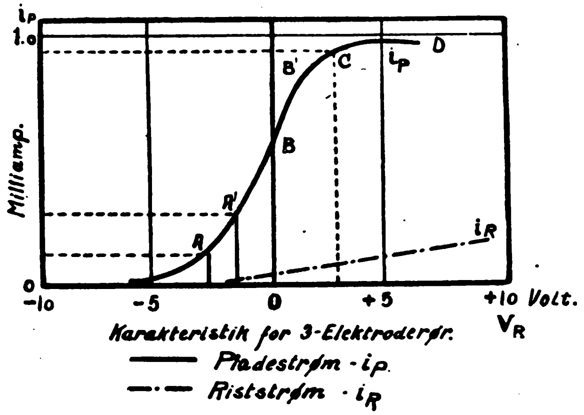


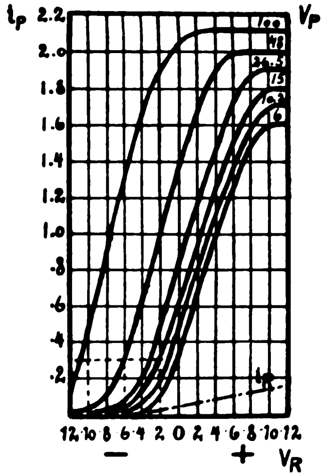
Fig. 5.

men, maa den være anbragt paa et Sted, hvor Elektronernes Hastighed er lille, altsaa tæt op til Katoden. De følgende Anvendelser af 3-Elektroderøret hviler udelukkende paa et empirisk Grundlag. Selv om Forstaaelsen af Ristens Virkemaade fysisk set ikke volder nogen Vanskelighed, er der alt for store matematiske Vanskeligheder, til at en eksakt Teori kan gennemføres. En Betragtning af Apparatets Karakteristik giver imidlertid ogsaa alt, hvad man behøver.

Paa Fig. 5 er vist en Karakteristik af et saadant Rør; som Abscisse er afsat Ristens Potential V_R i Forhold til Katoden, som Ordinat Strømmen i_p til Anoden; Anodens Spænding holdes altsaa konstant. Man ser, at Kurven forløber paa lignende Maade, som naar der er to Elektroder: Ved en vis negativ Ristspænding er Strømmen praktisk talt 0; ved positive Ristspændinger optræder der en Mætningsstrøm.

Digitized by Google

Med en højere Spænding paa Anoden forskydes Kurven til venstre, og Mætningsstrømmen bliver stærkere (Fig. 6). Naar man er naaet dertil, at alle de frigjorte Elektroner føres over paa Anoden (eller Risten), kan Strømmen naturligvis ikke blive stærkere; en yderligere Forøgelse af Anodespændingen vil kun forskyde den skraa Del af Kurven til venstre. Den Anodespænding, der bruges i Praksis, er ved de fleste Anvendelser betydelig lavere end den, der kræves til at give Mæt-



Karakteristikker for 3-Elektroderør ved forskellige Værdier af Vp.

Fig. 6.

ning. Den stiplede Linie paa Fig. 5 fremstiller Strømmen til Risten; man ser, at den kun er lille, og at den bliver 0 for en vis negativ Spænding (ca. 4 Volt).

Den simpleste Brug af et 3-Elektroderør er til Forstærkning af de Telefonstrømme, der bruges ved Modtagerstationer. Strøm og Spænding i Apparatet maa saa være afpasset saaledes, at man befinder sig paa den skraa Del af Karakteristiken; Pulsationer i Ristens Potential vil her bevirke tilsvarende Svingninger i Pladestrømmen.

Det er klart, at man paa denne Maade kan opnaa en meget kraftig Forstærkning, fordi den primære Strøm ikke behøver at være stærkere, end at den kan give Risten den nødvendige Spænding. I Praksis transformeres de primære Svingninger op til en passende

Digitized by Google

Spænding, som saa overføres til Risten. Siemens & Halske angiver, at der kan opnaas en Forstærkning paa indtil 35 Gange. En endnu kraftigere Forstærkning kan man opnaa ved at sætte 2 eller flere Rør i Række.

Paa de Dele af Karakteristiken, hvor Kurven krummer til den ene eller den anden Side, har Apparatet desuden ensrettende Virkninger. Hvis f. Eks. Ristens Potential undergaar smaa Variationer, der er lige store til begge Sider, omkring Punktet *A* (Fig. 5), vil Pladestrømmen ogsaa undergaa Variationer, men den vil i Middel blive forstærket; i Punktet *C* vil Pladestrømmen blive svagere.

En saadan Opstilling til Modtagelse af dæmpede Svingninger er

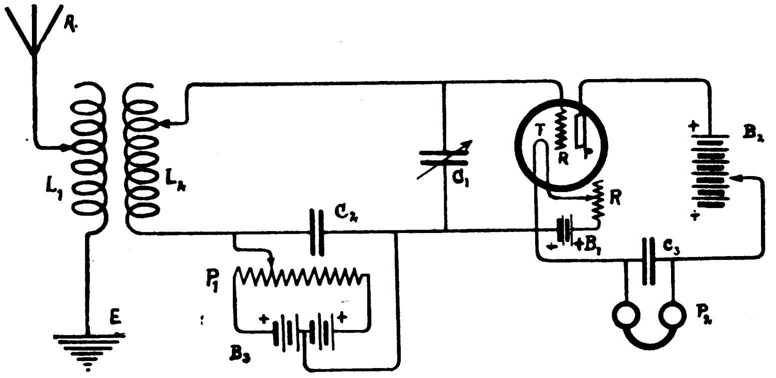


Fig. 7 a.

vist paa Fig. 7 a. Svingningerne i Antennen overføres til Kredsen $L_2C_1C_2$; Ristens Potential bringes herved til at variere med samme Frekvens som de elektriske Svingninger. Ved Hjælp af Batteriet B_3 indstiller man Apparatet paa et passende Punkt af Karakteristiken (Fig. 7 b). Svingningerne i Ristens Potential bevirker Svingninger i Pladestrømmen (Fig. 7 c); for hvert Sæt Oscillationer modtager Telefonene altsaa en Impuls, d. v. s. man hører en Tone. Som nævnt kunde man opnaa det samme ved at benytte Punktet *C* (Fig. 5); man foretrækker dog altid at bruge den nederste Del af Karakteristiken for ikke at faa unødvendig stærk Strøm gennem Apparatet.

Hvis man paa passende Maade kobler Kredsene Glødetraad—Plade og Glødetraad—Rist sammen, kan man bruge Apparatet som Generator for kontinuerlige Svingninger (Fig. 8). De to Kredse af-

Digitized by Google

stemmes til et bestemt Svingningstal ved Hjælp af Kondensatorerne C_1 og C_2. Koblingen sker ved Hjælp af Selvinduktionerne L_2 og L_3. Naar Pladestrømmen sluttes, induceres der i L_2 og L_3 en modelektro-

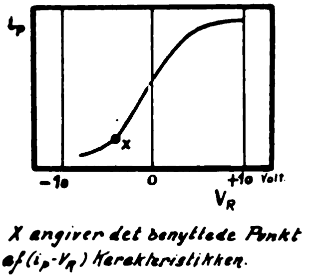


Fig. 7 b.

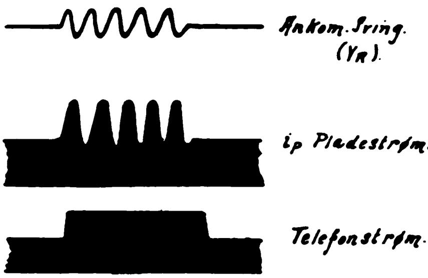


Fig. 7 c.

motorisk Kraft, der med den paa Figuren viste Anordning vil give Risten en positiv Spænding; et positivt Ristpotential bevirker en Forøgelse af Pladestrømmen, hvorved Ristpotentialet igen stiger o. s. v., indtil man er kommen op i Nærheden af Mætningsstrømmen; saa be-

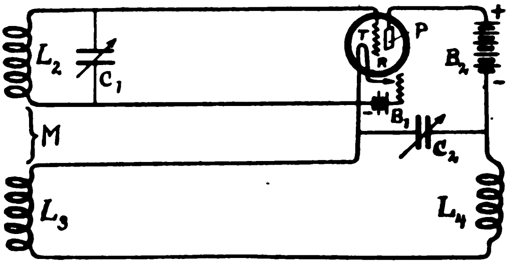


Fig. 8.

gynder Strømmen til Risten at gøre sig gældende; den vil inducere en elektromotorisk Kraft i L_2, som gaar i modsat Retning af den før nævnte, saa at Ristens Potential igen vil aftage; samtidig hermed aftager Pladestrømmen; paa Grund af den gensidige Induktion vil aftagende Pladestrøm bevirke aftagende Ristpotential o. s. v. Naar Pladestrømmen er aftaget tilstrækkeligt, forsvinder Indflydelsen af Koblingen, saa at Risten igen vender tilbage til Potentialet 0. Ved at afstemme Kredsene paa passende Maade kan man paa denne Maade frembringe Svingninger med et Svingningstal fra 1 op til $2 \cdot 10^7$.

Naar Apparatet bruges til Forstærkning, kan man forøge Virkningen ved at indrette en lignende Kobling mellem Rist og Plade.

Digitized by Google

Fig. 9 a viser en Modtagerstation til kontinuerte Svingninger. Ved Hjælp af en lokal Generator (Kredsen L_4C_3) inducerer man i Antennen kontinuerte Svingninger, hvis Svingningstal afviger med et pas-

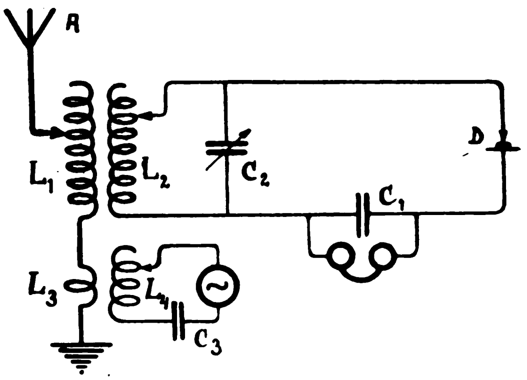


Fig. 9 a.

sende Beløb fra de ankommende Svingninger; Sammensætningen af de to Svingninger giver en Svingning med periodisk varierende Amplitude (Fig. 9 b); hvis Svingningstallet for de to Sæt Svingninger er

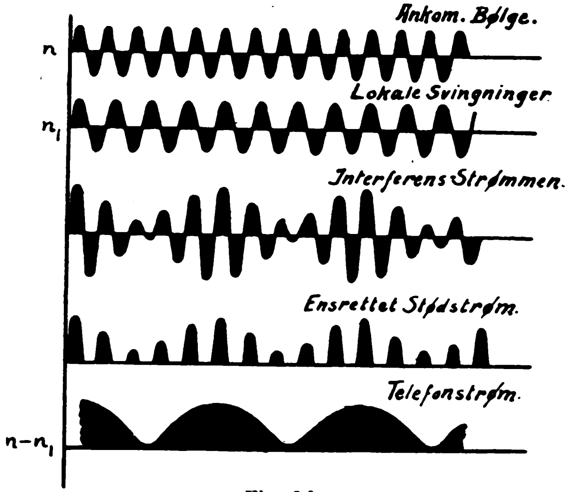


Fig. 9 b.

n og n_1, vil Amplituden i Interferensstrømmen faa et Svingningstal paa $n - n_1$; naar Interferensstrømmen derefter ensrettes, hører man i Telefonen en Tone med Svingningstallet $n - n_1$. Ensretteren D kan

være et 3-Elektroderør; som lokal Generator kan man bruge et andet 3-Elektroderør; ved en særlig Anordning kan man nøjes med et enkelt Rør, som altsaa virker baade som Generator og som Detektor.

I 1918 fremkom der en ejendommelig Modifikation af et 3-Elektroderør, den saakaldte Dynatron. Dynatronen bestaar af et evakueret Rør, der indeholder en Glødekatode, en gennemhullet Anode og en tredje Elektrode, den saakaldte Plade. Anordningen er vist paa Fig. 10 a. Anoden holdes paa konstant Spænding i Forhold til

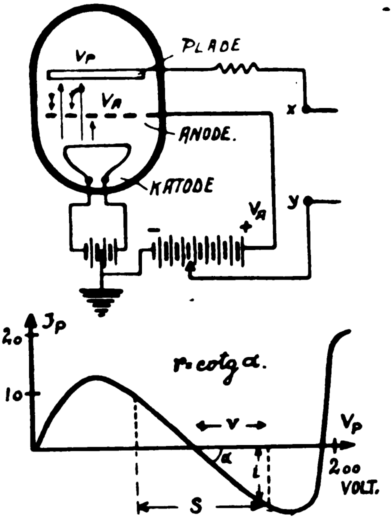
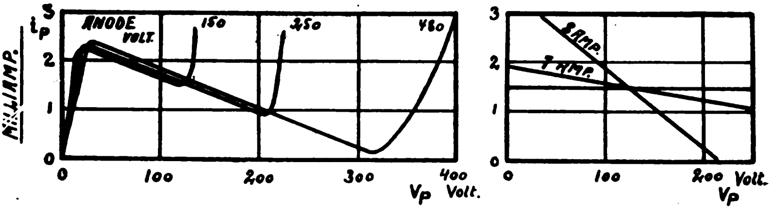


Fig. 10 a.

Glødetraaden, medens man kan variere Pladens Spænding; Anoden er altid positiv i Forhold til Pladen. Anodens Spænding varieres ikke under Brugen, og Anoden tjener i det hele taget kun til at give Elektronerne fra Glødetraaden en vis Hastighed og til at føre de sekundære Elektroner bort, der afgives fra Pladen. Nogle af Elektronerne fra Glødetraaden gaar gennem Hullerne i Anoden og træffer Pladen *P*. Hvis *P* er paa lav Spænding i Forhold til Glødetraaden, vil Elektronerne give en Strøm i den ydre Ledning; naar *P*'s Spænding sættes op, træffes den af Elektronerne med større Hastighed, og naar Hastigheden er tilstrækkelig stor, vil *P* begynde at afgive sekundære Elektroner, som saa føres over paa den mere positive Anode. Den

Digitized by Google

Elektricitetsmængde, som *P* modtager, er Differensen mellem Antallet af primære og Antallet af sekundære Elektroner. Antallet af primære Elektroner kan regnes for konstant; Antallet af sekundære vokser derimod hurtigt med voksende Pladespænding og kan blive adskil-

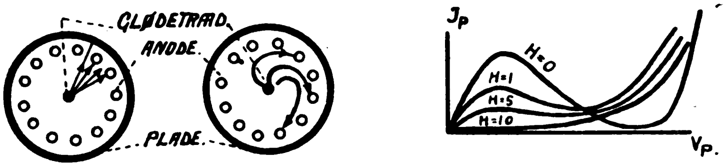


DEN FALDENDE KARAKTERISTIKS AFHÆNGIGHED AF ANODEPOTENTIAL OG AF GLØDETRAADENS TEMPERATUR.

Fig. 10 b.

lige Gange større end Antallet af primære; hver primær Elektron kan give indtil 20 sekundære.

Resultatet heraf er en Karakteristik som vist paa Fig. 10 a; Abscissen er Pladens Spænding i Forhold til den negative Ende af Glødetraaden, Ordinaten Strømmen til Pladen. Ved lave Spændinger er Strømmen kun lille, fordi kun de Elektroner, der kommer fra den negative Ende af Glødetraaden, kan naa over til Pladen. Naar Plade-



UDEN MAGNETFELDT. MED MAGNETFELDT. MAGNETISK KONTROL AF DYNATRON.

Fig. 10 c.

spændingen er omtrent 25 Volt, modtager Pladen hele den primære Elektronstrøm. Sættes Spændingen yderligere op, begynder Afgivelsen af sekundære Elektroner, d. v. s. Strømmen vil aftage. Ved en Pladespænding paa 100 Volt kommer der lige saa mange sekundære som primære, saa at den samlede Strøm bliver 0. Er Spændingen over 100 Volt, kommer der flere sekundære end primære, d. v. s. at Pladestrømmen gaar i modsat Retning af Spændingen. Tilsidst kommer der saa mange sekundære Elektroner, at Anoden ikke har tilstrækkelig Spænding til at føre dem bort; Pladestrømmen bliver igen

Digitized by Google

stemmes til et bestemt Svingningstal ved Hjælp af Kondensatorerne C_1 og C_2. Koblingen sker ved Hjælp af Selvinduktionerne L_2 og L_3. Naar Pladestrømmen sluttes, induceres der i L_2 og L_3 en modelektro-

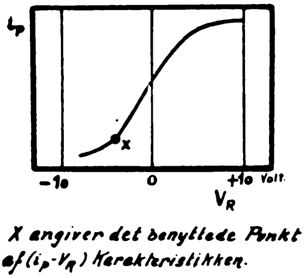


Fig. 7 b.

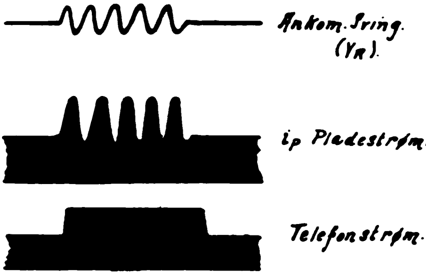


Fig. 7 c.

motorisk Kraft, der med den paa Figuren viste Anordning vil give Risten en positiv Spænding; et positivt Ristpotential bevirker en Forøgelse af Pladestrømmen, hvorved Ristpotentialet igen stiger o. s. v., indtil man er kommen op i Nærheden af Mætningsstrømmen; saa be-

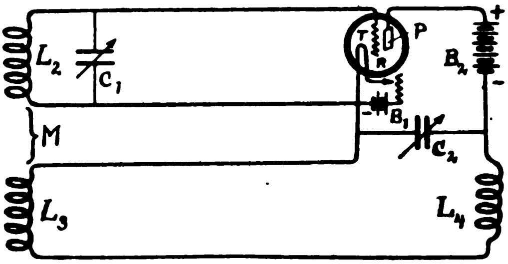


Fig. 8.

gynder Strømmen til Risten at gøre sig gældende; den vil inducere en elektromotorisk Kraft i L_2, som gaar i modsat Retning af den før nævnte, saa at Ristens Potential igen vil aftage; samtidig hermed aftager Pladestrømmen; paa Grund af den gensidige Induktion vil aftagende Pladestrøm bevirke aftagende Ristpotential o. s. v. Naar Pladestrømmen er aftaget tilstrækkeligt, forsvinder Indflydelsen af Koblingen, saa at Risten igen vender tilbage til Potentialet 0. Ved at afstemme Kredsene paa passende Maade kan man paa denne Maade frembringe Svingninger med et Svingningstal fra 1 op til 2 10^7.

Naar Apparatet bruges til Forstærkning, kan man forøge Virkningen ved at indrette en lignende Kobling mellem Rist og Plade.

Digitized by Google

Fig. 9 a viser en Modtagerstation til kontinuerte Svingninger. Ved Hjælp af en lokal Generator (Kredsen $L_4 C_3$) inducerer man i Antennen kontinuerte Svingninger, hvis Svingningstal afviger med et pas-

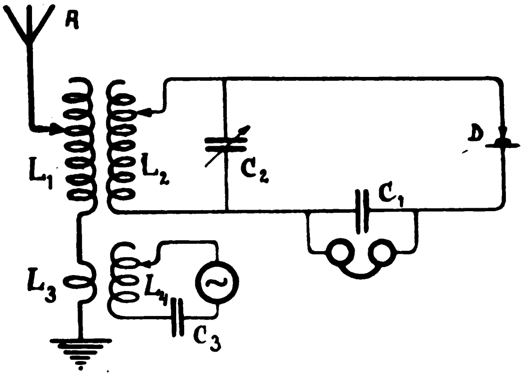


Fig. 9 a.

sende Beløb fra de ankommende Svingninger; Sammensætningen af de to Svingninger giver en Svingning med periodisk varierende Amplitude (Fig. 9 b); hvis Svingningstallet for de to Sæt Svingninger er

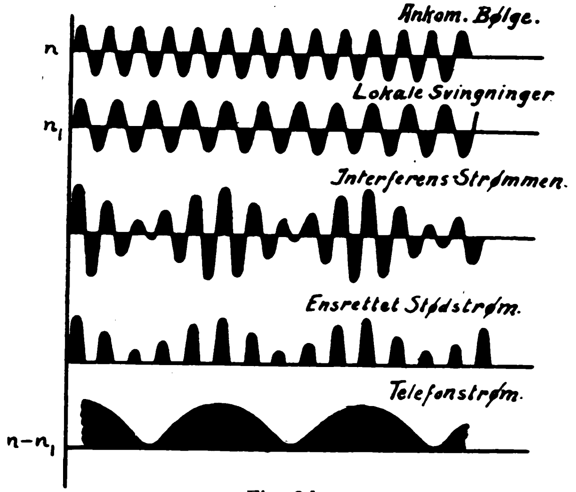


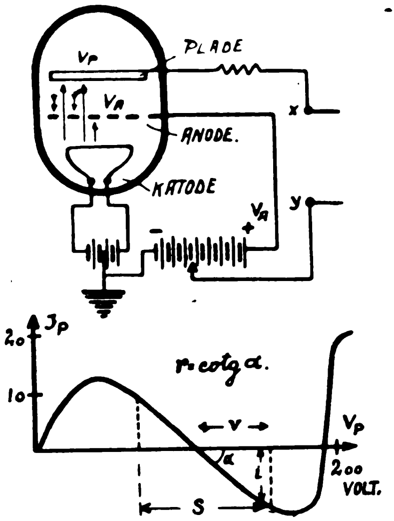
Fig. 9 b.

n og n_1, vil Amplituden i Interferensstrømmen faa et Svingningstal paa $n - n_1$; naar Interferensstrømmen derefter ensrettes, hører man i Telefonen en Tone med Svingningstallet $n - n_1$. Ensretteren D kan

Digitized by Google

være et 3-Elektroderør; som lokal Generator kan man bruge et andet 3-Elektroderør; ved en særlig Anordning kan man nøjes med et enkelt Rør, som altsaa virker baade som Generator og som Detektor.

I 1918 fremkom der en ejendommelig Modifikation af et 3-Elektroderør, den saakaldte Dynatron. Dynatronen bestaar af et evakueret Rør, der indeholder en Glødekatode, en gennemhullet Anode og en tredje Elektrode, den saakaldte Plade. Anordningen er vist paa Fig. 10 a. Anoden holdes paa konstant Spænding i Forhold til



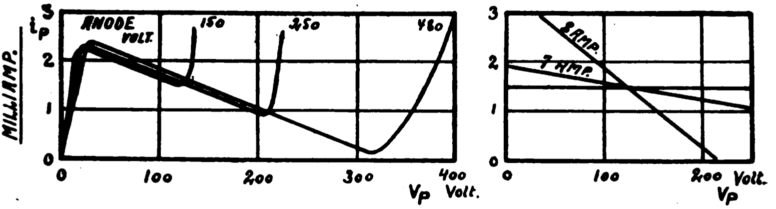
PRINCIP FOR DYNATRON.

Fig. 10 a.

Glødetraaden, medens man kan variere Pladens Spænding; Anoden er altid positiv i Forhold til Pladen. Anodens Spænding varieres ikke under Brugen, og Anoden tjener i det hele taget kun til at give Elektronerne fra Glødetraaden en vis Hastighed og til at føre de sekundære Elektroner bort, der afgives fra Pladen. Nogle af Elektronerne fra Glødetraaden gaar gennem Hullerne i Anoden og træffer Pladen P. Hvis P er paa lav Spænding i Forhold til Glødetraaden, vil Elektronerne give en Strøm i den ydre Ledning; naar P's Spænding sættes op, træffes den af Elektronerne med større Hastighed, og naar Hastigheden er tilstrækkelig stor, vil P begynde at afgive sekundære Elektroner, som saa føres over paa den mere positive Anode. Den

Digitized by Google

Elektricitetsmængde, som *P* modtager, er Differensen mellem Antallet af primære og Antallet af sekundære Elektroner. Antallet af primære Elektroner kan regnes for konstant; Antallet af sekundære vokser derimod hurtigt med voksende Pladespænding og kan blive adskil-

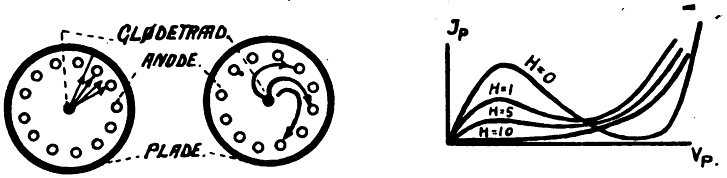


DEN FALDENDE KARAKTERISTIKS AFHÆNGIGHED AF ANODEPOTENTIAL OG AF GLØDETRAADENS TEMPERATUR.

Fig. 10 b.

lige Gange større end Antallet af primære; hver primær Elektron kan give indtil 20 sekundære.

Resultatet heraf er en Karakteristik som vist paa Fig. 10 a; Abscissen er Pladens Spænding i Forhold til den negative Ende af Glødetraaden, Ordinaten Strømmen til Pladen. Ved lave Spændinger er Strømmen kun lille, fordi kun de Elektroner, der kommer fra den negative Ende af Glødetraaden, kan naa over til Pladen. Naar Plade-



UDEN MAGNETFELDT. MED MAGNETFELDT. MAGNETISK KONTROL AF DYNATRON.

Fig. 10 c.

spændingen er omtrent 25 Volt, modtager Pladen hele den primære Elektronstrøm. Sættes Spændingen yderligere op, begynder Afgivelsen af sekundære Elektroner, d. v. s. Strømmen vil aftage. Ved en Pladespænding paa 100 Volt kommer der lige saa mange sekundære som primære, saa at den samlede Strøm bliver 0. Er Spændingen over 100 Volt, kommer der flere sekundære end primære, d. v. s. at Pladestrømmen gaar i modsat Retning af Spændingen. Tilsidst kommer der saa mange sekundære Elektroner, at Anoden ikke har tilstrækkelig Spænding til at føre dem bort; Pladestrømmen bliver igen

Digitized by Google

0 og stiger derefter hurtigt til en Værdi, der svarer til Antallet af primære Elektroner.

Inden for Omraadet S (Fig. 10 a) vil Dynatronen opføre sig som en Leder med negativ Modstand. Da Karakteristiken paa det nærmeste er retliniet, har man

$$i = \frac{E}{-r} + i_0 ,$$

hvor $r = \cot \alpha$ er den numeriske Værdi af Modstanden. Giver man Pladen den Spænding, der svarer til Pladestrømmen 0 (Skæringspunktet med Abscisseaksen), kan man sætte $i_0 = 0$; en ydre elektromotorisk Kraft E_1 vil saa give en Strøm gennem Apparatet

$$i_1 = \frac{E_1}{-r} .$$

Værdien af den negative Modstand og det Omraade, inden for hvilket Modstanden er negativ, afhænger af Glødetraadens Temperatur, Anodens Spænding og til en vis Grad af Apparatets Konstruktion. En Variation af Anodens Spænding vil ikke forandre den negative Modstand kendeligt, men vil kun forandre Længden af den faldende Del af Karakteristiken (Fig. 10 b). En Variation af Glødetraadens Temperatur vil variere Værdien af den negative Modstand uden at forandre V_0.

Hvis man sætter Dynatronen med Modstanden $\div r$ i Række med en Modstand R, kan den samlede Modstand blive meget lille. Kaldes Spændingerne e_1 og e_2 og den samlede Spænding E, har man

$$e_1 = IR, \quad e_2 = \div Ir, \quad E = I\,(R \div r),$$

altsaa

$$\frac{e_1}{E} = \frac{R}{R - r}$$

Dette Forhold kan man gøre meget stort ved at gøre R og r næsten lige store; med konstante Batterier er der paa denne Maade opnaaet en Spændingsforstærkning paa indtil 1000 Gange.

Sætter man Dynatronen parallelt med en Ohmsk Modstand, kan

Digitized by Google

Apparatet bruges til Forstærkning af Strømme. Kaldes den samlede Strøm I, Strømmen i den Ohmske Modstand I_R og Strømmen i Dynatronen I_r, har man

$$I + I_r = I_R\,,\quad I_R \cdot R = I_r \cdot r\,,$$

altsaa

$$\frac{I_r}{I} = \frac{R}{r - R}.$$

Da Dynatronen har en faldende Karakteristik, kan den bruges som Generator for kontinuerte Svingninger; herpaa vil vi dog ikke gaa nærmere ind.

I den praktiske Udførelse bestaar Glødetraaden af en Wolframspiral; Anoden er en Cylinder, som enten bestaar af en gennemhullet Plade eller af et Netværk af Wolframtraad. Uden for Anoden og tæt op til den er Pladen anbragt.

Hvis man anbringer Apparatet i et Magnetfelt, hvis Kraftlinier gaar parallelt med Cylinderens Akse, sker der en fuldstændig Forandring med Karakteristiken. Elektronerne, som før bevægede sig i omtrent rette Linier, tvinges nu til at bevæge sig i Spiraler og rammer Anoden mere eller mindre tangentielt, saa at en større Del af dem stoppes af den; Resultatet er en stærk Formindskelse af det Antal, der rammer Pladen; en lignende Virkning udøves paa de sekundære Elektroner fra Pladen. Resultatet er vist paa Fig. 10 c, hvor hver Kurve svarer til en bestemt Feltstyrke. Man ser, at Kurverne med voksende Feltstyrke bliver fladere og snart gaar over til at blive stigende i Stedet for faldende. Man kan altsaa ved at variere Magnetfeltet gaa over fra negativ til positiv Modstand.

Fysik i Skolen.

Elektrisk Spænding.

Et Bidrag til Undervisningsmetodik. Af H. Jepsen.

Efterhaanden som Elektroteknikken har faaet en ret fremtrædende Plads ved Undervisningen, er det blevet nødvendigt at give en nogenlunde fyldig Fremstilling af de elektriske Maaleenheder, og ad-

Digitized by Google

skillige Forhold indenfor Elektrostatikken, som tidligere toges med, har maattet vige Pladsen. Det mest rationelle vilde uden Tvivl være helt at bygge Elektricitetslæren paa det galvaniske Element som Udgangspunkt; dette har imidlertid kun enkelte Forfattere gjort, de fleste behandler elektriske Grundforsøg, hvorved Eleverne faar et omend svagt Begreb om Elektricitetsmængde, samt elektrisk Fordeling og elektrisk Spænding. Dette sidste Spørgsmaal turde være det vigtigste, og jeg kan ikke se nogensomhelst anden Grund til at tage Elektrostatik med ved den første Undervisning end

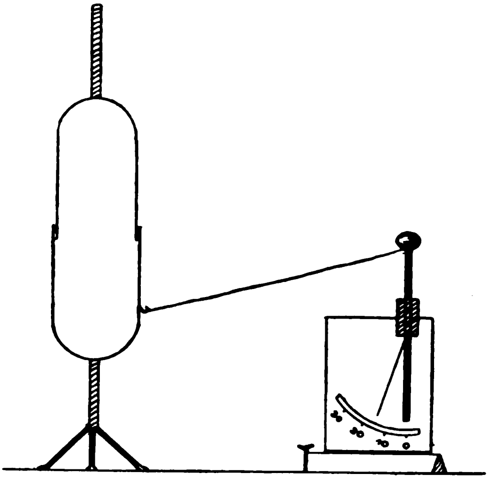


Fig. 1.

for derigennem at klare Elevernes Forstaaelse af dette Begreb; men i saa Fald forekommer det mig, at Fremstillingen ofte lider af adskillige Mangler, og ikke mindst savnes der en Forbindelse mellem Spænding, som den maales i Elektrostatikken, og som den maales ved strømmende Elektricitet; for Eleverne maa de to Ting staa, som om de ikke har noget med hinanden at gøre.

Hensigten med de følgende Linier er et Forsøg paa at give et Bidrag til dette Afsnits Metodik ved den første Undervisning. At definere Spænding som et Arbejde vil være for abstrakt for Begyndere, og deres Kendskab til Begrebet Arbejde vil ogsaa være utilstrækkeligt. Behandlingen maa straks bygges paa Forsøg, derfor anser jeg de almindeligt benyttede Sammenligninger mellem Spænding og Temperatur eller lignende for ret værdiløse. Ved Sammenligninger er der altid den Fare, at Begynderen opfatter Fænomenerne, der sammen-

Digitized by Google

lignes, som identiske, og jeg kan heller ikke se, at Eleverne ved en Sammenligning mellem Temperatur og Spænding er kommen Sagen et Skridt nærmere. Eleverne ved maaske i Forvejen, at Temperatur er noget, man maaler med et Termometer, og faar nu at vide, at Spænding er en elektrisk Tilstand, der kan maales, men hvorledes, kan Sammenligningen ikke fortælle dem noget om. At Spænding kan maales ligesom andre fysiske Størrelser, vil ikke falde Eleverne besynderligt, da det er noget, de har mødt hele Tiden ved Undervisningen. Den mest bemærkelsesværdige Lighed mellem Spænding og Temperatur vil for Begynderen vel snarere være Manglen paa en Definition af Enheden.

Jeg mener derfor, at man bør gaa lige til Sagen og definere elektrisk Spænding som en Størrelse, man maaler med et Elektrometer, og at vi i Elektroskopet har et Apparat, hvormed man i hvert Fald kan sammenligne Spændinger.

Til de indledende Forsøg benytter jeg et Apparat, der bestaar af to Cylindre, den ene kan skydes ind i den anden. Gnidningsmodstanden er saa stor, at den øverste Cylinder ikke af sig selv kan glide ned. Den nederste Cylinder ender forneden i en Kuglekalot, hvorfra udgaar en Ebonitstang, der sidder paa en Jærnfod. Den øverste Cylinder har en Kuglekalot foroven med et Haandtag af Ebonit. Elektrometret er Bruno Kolbes Konstruktion. Som ovenfor nævnt begynder jeg med Definition: Elektrisk Spænding maales ved et Elektrometer, og Udslagets Størrelse er ligefrem proportional med Spændingen. Dette sidste gælder vel næppe helt for meget smaa og meget store Udslag, men indenfor de Grænser, hvor vore Undersøgelser falder, er det rigtigt. Som Enhed sættes foreløbig den Spænding, der frembringer et Udslag paa 1^0.

Jeg foretager derefter følgende Forsøg:

1. Cylinderen forbindes med Elektrometret ved en lang, tynd Kobbertraad, og Cylinderen lades til en passende Spænding. Er Spændingen større end man ønsker, kan man let aflede lidt Elektricitet ved at berøre Cylinderen med en Negl. Da Horn er en Halvleder, synker Spændingen meget langsomt, og man kan let faa Aluminiumsbladet til at staa ud for et hvilket som helst Tal paa Gradbuen.

2. Nærmes et elektrisk ladet Legeme til Cylinderen, vil Elektrometrets Udslag forandres, hvoraf følger, at Spændingen er afhængig af Omgivelsernes elektriske Tilstand.

Digitized by Google

3. Forbindes Elektrometrets Knop med Jorden, bliver Spændingen Nul, hvad enten det har positiv eller negativ Spænding. Derfor sætter man Jordens Spænding til Nul. Af 2 og 3 følger, at Elektrometrets Metalvægge maa være afledede til Jorden under Forsøgene.

Den øverste Cylinder skydes ind i den nederste. Elektricitetsmængden er uforandret, men Spændingen vokser. Trækkes Cylinderen atter op, falder Spændingen til samme Værdi som før. Spændingen vokser, naar Overfladen tager af. (At Elektriciteten sidder kun paa Overfladen af en Leder er kendt og undersøgt.)

5. Den øverste Cylinder fjernes og afledes og sættes derefter atter paa Plads. Spændingen tager af, naar Elektricitetsmængden formindskes.

6. Spændingen er ens overalt paa en Leder. Vises paa sædvanlig Maade.

Efter at disse Grundforsøg for Spænding er gennemgaaet, gaar jeg over til at omtale, at Elektrometret ikke kan bruges til særlig lave eller høje Spændinger; men at man ved Hjælp af det saakaldte Kondensatorapparat kan indrette det til ogsaa at maale lave Spændinger. Her kommer forøvrigt en Vanskelighed, idet Eleverne gennem den foregaaende Undervisning ikke har Forudsætninger til Forstaaelsen af Kondensatoren. Jeg mener derfor, at man maa nøjes med eksperimentelt at godtgøre, at en vis Ladning, der paa et almindeligt Elektrometer giver ringe Udslag, vil give et meget kraftigt Udslag paa et Kondensatorelektrometer. Til Sammenligning af høje Spændinger benyttes Papirryttere, hvert Ben ca. 20 cm og af Silkepapir. Er Benene for korte, gaar Forsøgene ikke godt.

7. Elektrisermaskinens positive Konduktor forbindes med en isoleret Sejlgarnssnor, hvorpaa der hænger Papirryttere. Udslaget er ens omtrent og vokser med Omdrejningshastigheden, altsaa Spændingen vokser med det udførte Arbejde. Afledes den negative Konduktor, vokser Spændingen, fordi Omgivelsernes elektriske Tilstand derved er forandret.

8. Den positive og den negative Konduktor forbindes med en flere Meter lang Sejlgarnssnor, der hviler paa Opstandere med Glasstænger til Fæste for Snoren. Paa Snoren hænger Papirryttere med ligestore Mellemrum. Drejes Maskinen, gør Halvdelen af Rytterne Udslag med positiv Elektricitet med jævnt Spændingsfald, og den anden Halvdel med negativ Elektricitet, hvis numeriske Værdi stiger ind mod den negative Konduktor.

Digitized by Google

Afledes den negative Konduktor, bliver hele Snoren positiv med jævnt Spændingsfald i hele Snorens Længde.

Hermed er de indledende Forsøg gjort til Omtalen af den elektriske Strøm og det galvaniske Element. Spænding samt Spændingsfald langs en Ledning, der forbinder Elementets Poler, maa maales med Elektrometret, forinden man omtaler Voltmetret, og særlig gælder det at godtgøre, at Spændingsfaldet langs en Ledning er ligefrem proportional med de mellemliggende Modstande, kan paavises baade ved Elektrometret og Voltmetret.

9. Forbindes et Elements ene Pol med Elektrometret, fremkommer intet Udslag. Spændingen er derfor enten Nul eller ringe. Kondensatorelektrometret giver Udslag, naar den anden Pol er afledet til Jorden, ellers ikke.

10. Den negative Pol afledes til en Gas- eller Vandledning, og Udslagene noteres for 1 Element, for 2 forbundne i Række o. s. v. (Resultaterne er fremkomne som Resultat af flere paa hinanden følgende Maalinger. — Elementernes el. Kraft var ca. 2,6 Volt, altsaa Dobbeltelementer).

Udslag for	1	Element,	neg.	Pol	afledet	11,5°
— -	2	—	-	—	—	23°
— -	3	—	-	—	—	34°.

Afledes Polen ikke, bliver Udslaget mindre og ret uregelmæssigt.

11. 2 à 3 Elementer forbindes i Række, og Polerne forbindes med en Nysølvtraad 0,25 mm af en saadan Længde, at Strømmen er ca. 1 Amp. Den negative Pol afledes til Jorden, og paa Ledningen er afsat Mærker med lige store Mellemrum, hvor Maalingerne foretages. Maalepunkterne *a, b, c* har ligestore Afstande.

	a	*b*	*c*
Udslag	14°	9,5°	5°

Derefter gennemgaas Strømmen og Strømmens Maaling, Definition af Enheden, Maaleinstrumentets Indretning og ligeledes Maaling af Modstande for til Slut at definere en Volt som Spændingsforskellen mellem to Punkter af en Ledning, hvor der gaar en Strøm paa 1 Amp., naar den mellemliggende Modstand er 1 Ohm.

12. Jeg foretager nu en Maaling med Elektrometret og Voltmetret paa samme Ledning og viser, at man med begge Apparater

Digitized by Google

kan godtgøre, ikke alene at der finder et Spændingsfald Sted langs Ledningen, men at Spændingsfaldet er ligefrem proportionalt med de mellemliggende Ledningsstykkers Længder altsaa med Modstandene. Forsøgsanordningen er følgende: I en Nysølvstraad bestemmes Modstanden i Forvejen. Lad denne være 1 Ohm pr. 20,5 cm.

Tre Dobbeltelementer kobles i Række. Strømmen gaar gennem en Nysølvtraad, hvis Længde afpasses saaledes, at Strømmen er

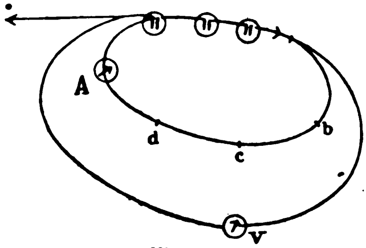


Fig. 2.

1 Amp. Batteriets negative Pol afledes til Jorden. Afstandene $ab = bc = cd = 20{,}5$ cm. Spændingen i Punkterne *a, b, c* og *d* maales med Elektrometret. Derefter sættes *a* i Forbindelse med Voltmetrets positive Polklemme, og den negative afledes sammen med Batteriets negative Pol; derefter forbindes Polklemmen med *b* o. s. v.

Resultaterne af gentagne Maalinger meddeles her:

	a	*b*	*c*	*d*	Spændingsfald
Udslag paa Elektrometret ..	20°	15°	10°	5,5°	5°
Voltmetrets Udslag i Volt ..	4,3	3,3	2,3	1,3	1

Derefter gennemgaas Loven om Strømforgrening og Voltmetrets Indretning; og der er gennem en Række Forsøg paavist Forbindelse mellem de to Maalesystemer.

Til de omtalte Forsøg maa Elektrometret naturligvis være i god Stand og Forsøgsbetingelserne gode, hvortil hører, at Ebonitdelene ikke udsættes for Sollys, naar Apparaterne ikke bruges, at man holder Ebonitdelene rene ved engang imellem, og helst lige før Brugen, at vadske dem i koldt kogt Vand og tørre med en ren Linnedklud, at lade være Gennemtræk i Lokalet under Forsøget og ikke ved elektriske Udladninger eller paa anden Maade ionisere Luften.

Digitized by Google

Om forutsigelse av regn.*)

Af

V. Bjerknes.

Sommeren 1918 blev et første forsøk gjort i Norge paa veirvarsling i større stil for landbruket. Den almindelige plan for dette arbeide har jeg tidligere hat anledning til at utvikle.**) Hvorvidt forsøket allerede straks førte til resultater av praktisk betydning har jeg ikke materiale til at bedømme. Men det har skaffet os betydningsfulde videnskabelige resultater, som lover godt for fremtiden.

Da forsøket blev sat igang var vi indestængte. Ingen veirtelegrammer kom fra vest, fra De britiske øer, Færøerne og Island. Dermed var en stor del av grundlaget for vort ældre veirvarslings-system faldt bort. Erstatningen søkte vi ved at indrette det nye saa nær som mulig efter teoriens krav, saadan som disse har formet sig for os under et arbeide som jeg i mange aar har ledet med understøttelse av Carnegie-Institutet i Washington. Jeg skal ikke gaa i enkeltheder men kun fremhæve et par hovedpunkter.

For at bedømme hvordan veiret skal b l i imorgen maa jeg vite hvordan det e r idag. Herom gir veirstationerne underretning. Fig. 1 viser et kart over de telegraferende veirstationer i det sydlige Norge fra før i tiden, og et kart over dem som traadte i virksomhet sommeren 1918. Antallet er øket fra 8 til omtrent 90. Dette er ikke det mindste for meget naar det gjælder at skaffe besked om veirets fordeling fra fjord til fjord og fra dal til dal i et land som Norge.

*) Foredrag holdt i Fysisk Forening d. 26. Maj 1919.

**) Veirvarsling, foredrag ved Geofysikermøtet i Gøteborg 1918. (Naturen 1919, s. 3, flg.).

Digitized by Google

Det er i virkeligheten kun en svak tilnærmelse til teoriens strenge krav, som uttalt i matematisk form gaar ut paa at avstanden mellem stationerne skal være differentialer. Men det har sine grænser hvor langt man kan gaa, særskilt med at belaste telegrafvæsenet med veirmeldinger.

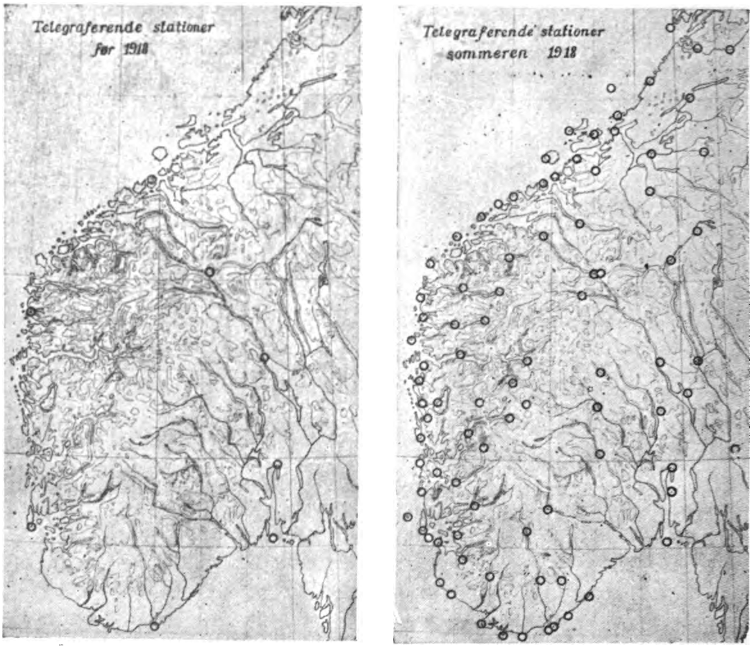


Fig. 1. Telegraferende veirstationer.

Kjender man efter dette tilstrækkelig nøie hvordan veiret er idag, saa er det i princip meget enkelt at bestemme hvordan det skal bli imorgen. Veiret forandrer sig fordi luftmasserne bevæger sig og forandrer tilstand. Alt er gjort hvis vi kan bestemme hver enkelt luftmasses sted og den tilstand i hvilken den ankommer til dette. Ideelt seet skulde denne opgave kunne løses matematisk ved hjælp av mekanikens og termodynamikens ligninger. I praksis er dette endnu ikke gjennemførlig. Men likefuldt bør man gaa frem saa nær som mulig efter mønster av det matematiske problem. Arbeidet bør lægges saadan an at man kvalitativt om ikke kvantitativt

Digitized by Google

kan trække størst mulig nytte av den viden som er nedlagt i mekanikens og termodynamikens ligninger.

Ser man problemet saaledes matematisk, saa er at merke at luftmasserne forandrer sted og tilstand under samspil av samtlige meteorologiske elementer. Man kan ikke paa forhaand stille noget av disse i bakgrunden uten at risikere at problemet blir ubestemt. Hittil har meteorologerne nøiet sig med at ta to elementer fuldt ut i betragtning, tryk og temperatur. For disse utarbeides fuldstændige synoptiske karter, mens observationerne av de andre elementer, — vind, fugtighet, skydække, regn — indføres paa karterne i ubearbeidet form som raamaterial. I motsætning hertil maa vi stille som principielt krav at man gir kontinuerlig synoptisk fremstilling av samtlige elementer. Og skal man fremhæve noget enkelt element som ikke maa forsømmes, selv under det mest presserende ekspresarbeide, saa er det v i n d e n. Ti det er bevægelserne som gir nøkkelen til forstaaelse av tilstandsforandringer.

Saa langt den knappe tid og den snaut tilmaalte arbeidshjælp tillot blev dette program gjennemført.

Arbeidet blev utført av mine to forhenværende assistenter, J. B j e r k n e s og H. S o l b e r g, som gjennem flere aars arbeide var helt fortrolige med alle metoder. Den første utførte veirvarslingsarbeidet for det vestlandske, den sidste for det østlandske Norge.

Allerede under varslingsarbeidet begyndte man at skimte vigtige nye resultater. Sporene er i vinterens løp blit forfulgt videre. Yderligere observationer har efterhaanden kunnet samles fra vore nabolande og tildels ogsaa fra de tidligere krigførende lande, og paa de fuldstændige observationer er de antydede metoder blit bragt fuldstændigere i anvendelse. De resultater som jeg nu efter dette kan fremlægge er helt og holdent de to nævnte unge meteorologers verk.

Opmerksomheten har først og fremst været rettet mot betingelserne for at regn skal komme. Videnskapen vet fra gammel tid at regn kun dannes i luft som stiger til veirs. Luften avkjøles omtrent e n grad for hver hundrede meter den stiger op. Derfor kan den i længden ikke fastholde sin fugtighet. Vandet utskilles som skyer som efterhaanden blir tykkere og avgir regn. Til gjengjæld vil luft som stiger ned gi klart veir.

Digitized by Google

Særskilt tydelig ser man denne sammenhæng naar den fugtige vestenvind staar ind mot vor vestkyst. I fig. 2 viser strømlinjerne hvordan vinden den 6te september kl. 8 morgen stod ind mot kysten og bugtet sig frem gjennem fjorde og daler, overveiende fra vest mot øst. Samtidig ligger en bred regnstripe langs hele vestkysten. Det

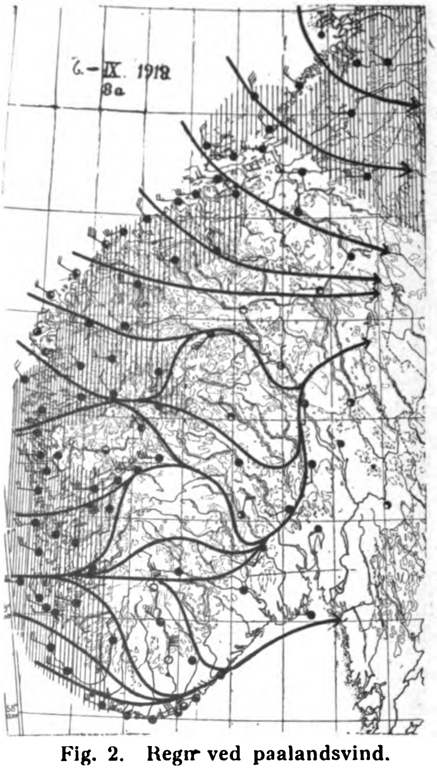


Fig. 2. Regn ved paalandsvind.

skyer op i den indstrømmende luft ytterst i skjærgaarden, skyerne blir tykkere eftersom de driver mot fjeldene, for saa atter at bli tyndere og fuldstændig opløse sig ved vandskillet eller litt over dette. De ytterste øer som Utsire, eller Halten utenfor Trondhjem, kan til sine tider ligge i solskin mens regnet staar under land. Paa grund av kystens forrevne karakter opdeles regnet mange steds i byger. Længer inde falder det mest som jevnt silregn, sandsynligvis fordi dale og sænkninger ligger fyldt av tørrere luft, der danner en jevn

Digitized by Google

bakke som vestenvinden strømmer op over (Fig. 3). Hvor man ikke har dette tørre luftlag ligger skyerne helt ind paa fjeldene.

Men foruten saadanne stillestaaende regnbelter møter vi andre som er paa vandring. Fig. 4 viser et saadant i to stilllinger. Den 10de september kl. 2 em. dækker det Syd-Sverige, Skagerak og Sørlandet, kl. 8 samme aften gaar det tvers over Mellem-Sverige og det sydlige Norge. I den nye stilling er det delvis revet istykker av den norske fjeldryg. Man ser ogsaa at mindre skurer gaar foran og følger efter. Men dette er ikke overraskende naar man betænker hvor sterk indflydelse terrænget har paa regndannelsen. Og disse uregelmæssigheter kan ikke skjule regnveirets karakter av et baand, som strækker

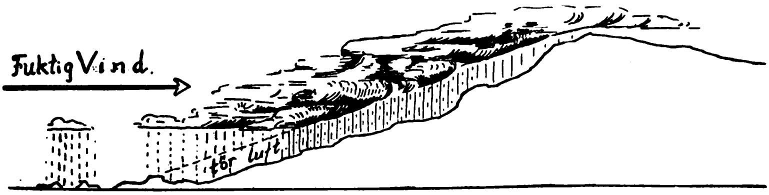


Fig. 3. Regn ved paalandsvind. Vertikalsnit.

sig fra Østersjøen til Nordsjøen og feier nordover den skandinaviske halvø med en fart av omtrent 50 km. i timen, d. v. s. med omtrent norsk jernbanefart. Strømlinjerne viser hvorledes samtidig vinden har været fordelt. I regnbeltet og foran det blæser vinden i stripens retning, men bakfra næsten ret ind mot den. Samtidig viser termometret flere grader lavere i og foran stripen end bak den. En kold luftstrøm ligger altsaa tvers for kursen av en varm. Den varme, som er lettere, maa da styre op over den kolde og slippe sit regn. Dette falder til jorden tvers igjennem den kolde luft. Forholdet er i hovedsak det samme som naar vestenvinden staar ind mot den norske fjeldryg. (Fig. 5). Men den bakke som dannes av den kolde luftstrøm har ikke samme motstandskraft som de norske fjeld. Den gir efter for trykket av den varme vind: man faar en vandrende regnstripe.

At denne forklaring av regndannelsen er rigtig, kan prøves paa forskjellige maater. Først kan teorien tages til hjælp. Den tillater os at beregne skraaningen av den bakke som den varme luft strømmer op

Digitized by Google

over. Man kommer til en stigning av mindst én paa hundrede og høist én paa femti naar temperaturspranget og vindspranget har saadanne værdier som paa kartet. Den varme luft strømmer altsaa op ad en

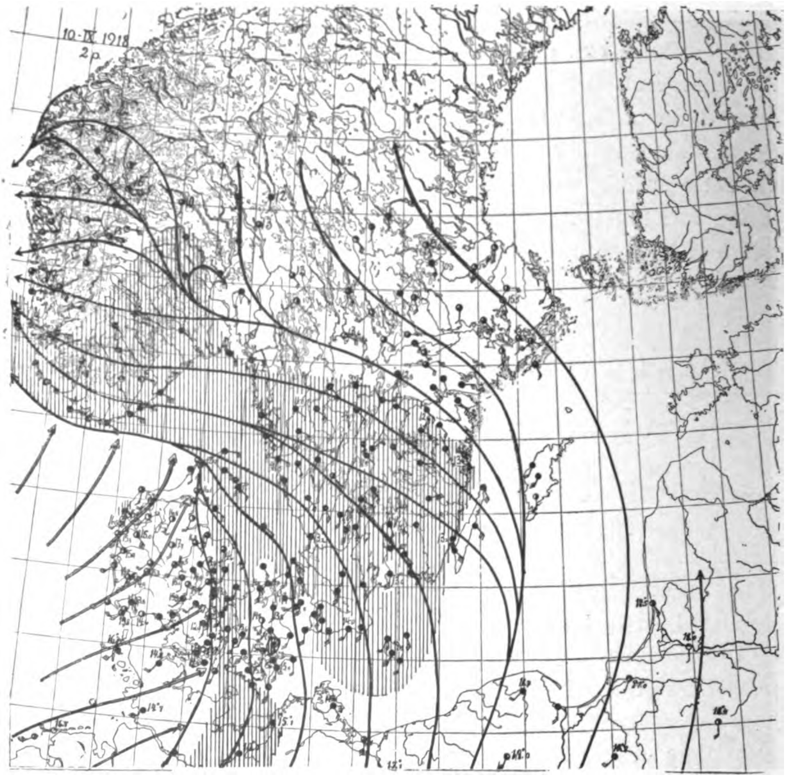


Fig. 4 a. Vandrende regnstripe, bred type.

meget flat bakke med omtrent sedvanlig jernbanestigning. Da regn kan falde fra skyer indtil 3000 meters høide, stemmer dette fuldstændig med at regnet naar 2 til 300 km. foran den linje hvor den varme luftstrøm begynder opstigningen. Endnu høiere op, hvor den varme luft har git fra sig sit regn, dannes kun lettere skyer. De høieste, fjærskyerne, som ligger i 8 til 10 000 meters høide, bør da vise sig omkring 500 km. foran regnbeltet. Alt dette viser sig at stemme: grænseflaten mellem de to luftstrømmer sees nedenfra som den jevne

Digitized by Google

flate av et sammenhængende, vandrende skydække. Først sees de høieste lette fjærskyer, saa gaar disse over til et jevnt slør, som blir stadig tættere og sænker sig lavere, helt til man faar de lave tunge regnskyer

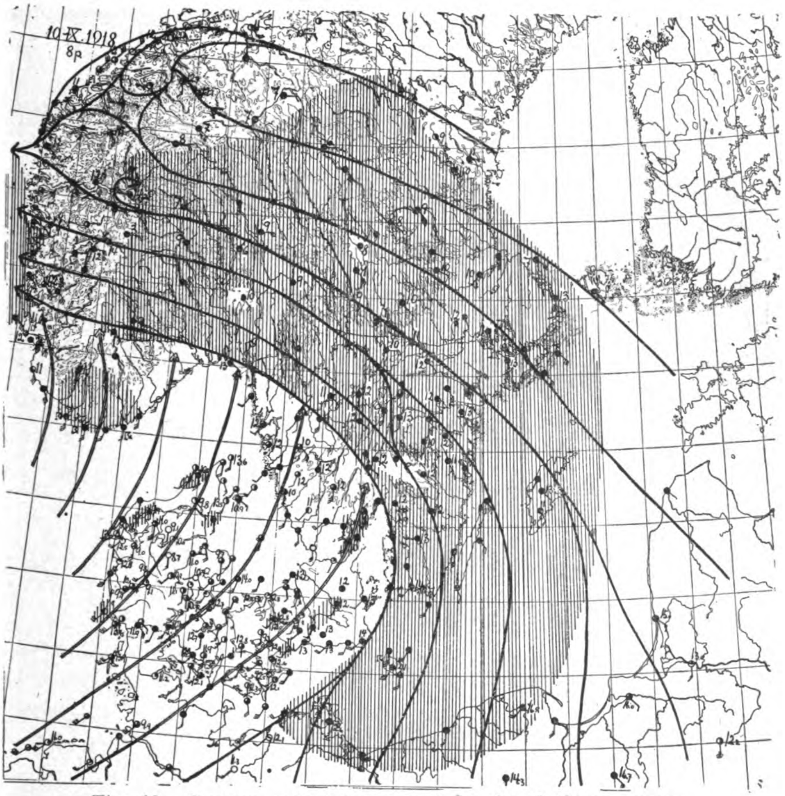


Fig. 4b. Samme regnstripe som i fig. 4a, 6 timer senere.

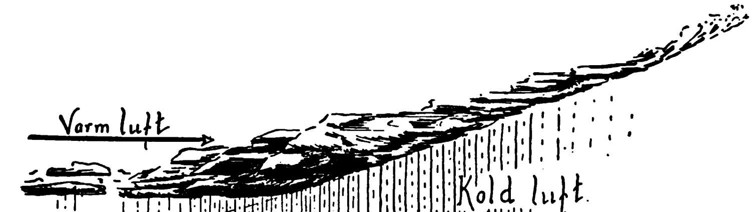


Fig. 5. Vandrende regnstripe, bred type. Vertikalsnit.

Digitized by Google

i regnstripen selv. Regnet fra dette vandrende skydække begynder sagte med enkelte draaper og tiltar i løpet av nogen timer til tæt silregn, som atter kan vare fra nogle timer til en halv eller hel dag. Saa pleier det temmelig pludselig at holde op, samtidig med at vinden snur sig og temperaturen stiger. Efter opklaringen følger gjerne

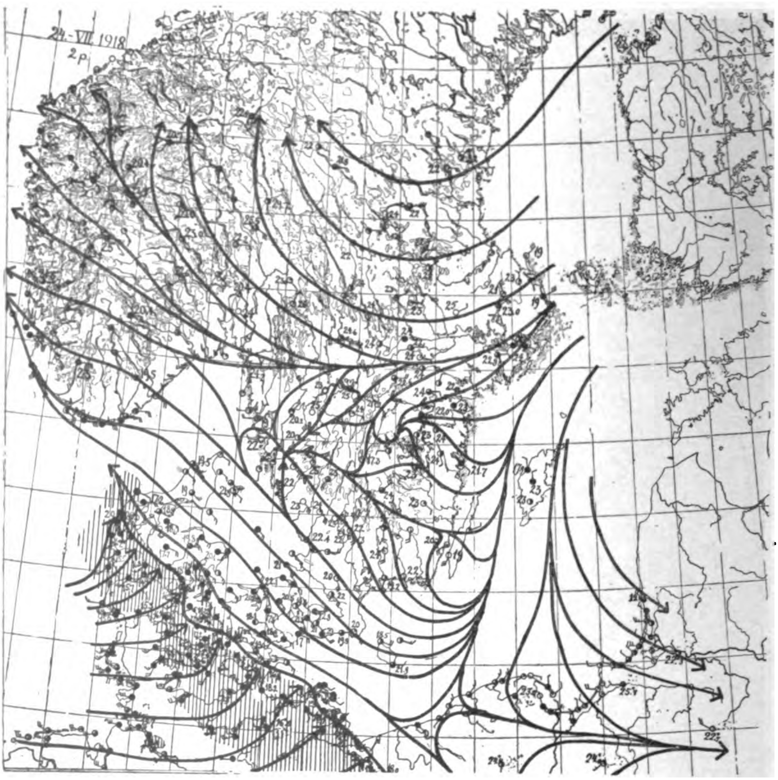


Fig. 6 a. Vandrende regnstripe, smal type.

enkelte byger som man ser det paa kartet. Paa Vestlandet er disse gjerne baade heftige og vedholdende for saa vidt den vind som bringer opklaringen staar mot land.

Saadanne vandrende regnstriper kan i tider med urolig veir ofte komme slag i slag. Men de har ikke alle samme karakter, det viser sig snart at der er to sorter av dem. Kartet fig. 6 viser et eksempel

Digitized by Google

paa den anden type: den er meget smalere end den forrige, neppe nogensteds mer end 100 km. bred. Forøvrig feier den hen over Den skandinaviske halvø paa ganske lignende maate, og med lignende fart. Vindfordelingen synes ogsaa at være den samme som i forrige tilfælde: en vind løper langs stripens retning og en næsten lodret ind mot den.

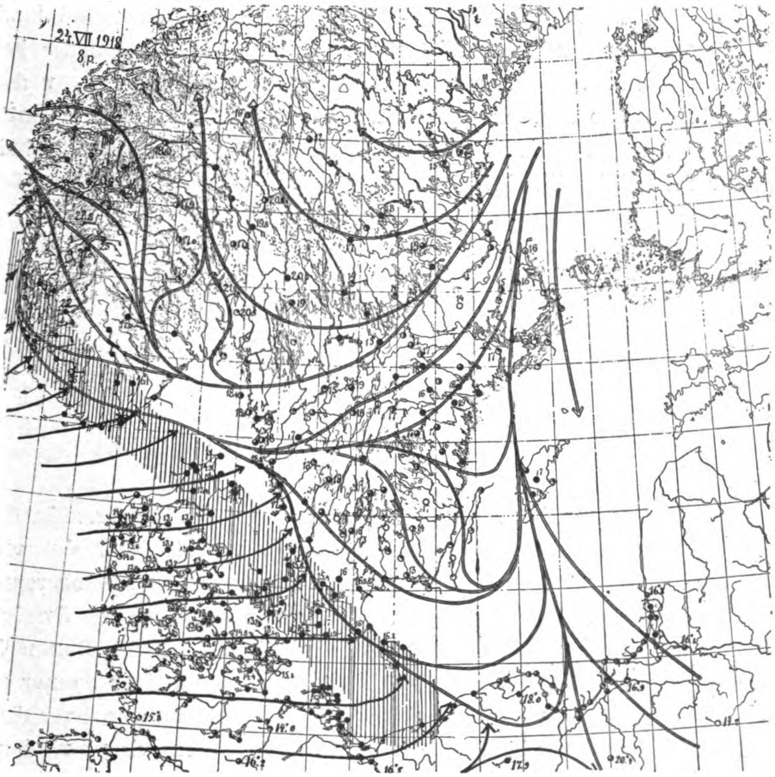


Fig. 6 b. Samme regnstripe som fig. 6 a, 6 timer senere.

Men der er den eiendommelige forskjel at grænselinjen mellem de to strømmer nu ligger i stripens forreste kant, ikke i den bakerste. Og samtidig ser man at temperaturen er høi foran stripen, derimot lav i og bak stripen. Altsaa: før hadde vi en kold luftstrøm som laa tvers for kursen av en varm. Nu har vi en varm luftstrøm som ligger tvers for kursen av en kold. Resultatet er at den tunge kolde luft baner sig vei ved at flyte indunder den varme. Følgen er at den varme løftes

Digitized by Google

op og tvinges til at avgi sit regn. Det er ikke længer vinden som blæser mot en fjeldryg, det er fjeldryggen som bevæger sig mot vinden. (Fig. 7). Den kommer veltende med voldsomhet, regnet begynder med en gang med fuld styrke, ofte som tordenbyger med heftige vindkast, først varme saa kolde. Men efter en eller flere forholdsvis kraftige byger faar man klart kjølig veir. Paa Vestlandet vedblir det gjerne med byger avbrudt ved solgløt for saa vidt vinden staar mot land.

Regnstriper som disse feiet sidste sommer i store mængder hen over vort land. Snart kom en av den brede sort, snart en av den smale. De fulgte hinanden paa saadan maate at man maatte slutte sig til en bestemt sammenhæng mellem dem. Og enkelte ganger indtraadte det heldige tilfælde at sammenhængen viste sig klart indenfor omraadet av vore karter.

Fig. 7. Vandrende Regnstripe, smal type. Vertikalsnit.

Den 30te september hadde vi et av disse heldige tilfælder. Fig. 8 a viser en regnstripe av den brede type, som kl. 2 strækker sig over Danmark, Sydsverige og Østersjøen. Fig .8 b viser den samme regnstripe seks timer senere: den har flyttet sig mot nordost op over Sverige og trukket efter sig en stripe av den smale type, som fra Danmark gaar ret sydover ned gjennem Tyskland. De to regnstriper danner et eneste sammenhængende regnbaand, som gjør en knæk der, hvor den brede stripe gaar over i den smale. Omkring knækken svinger vinden, og barometret viser her lavt: det er den forbindelse av svingende luftbevægelse, lavt barometertryk og regn, som kjendetegner det man fra gammel tid kalder et hvirvelcentrum eller en cyklon. Vort regnbaand er altsaa det regnomraade som tilhører cyklonen.

Fra gammel tid vet vi at vi faar vore store regnveir med saadanne vandrende cykloner. Men det billede som de gamle, tynde observationsnet skaffet os av cyklonernes bygning var meget overfladisk: Man tænkte sig dem som mere eller mindre regelmæssige hvirvler med et centralt regnomraade. Vi ser at denne beskrivelse kun svarer daarlig til kartet i fig. 8 b.

Digitized by Google

Et gjennemsnitsbillede av cyklonerne saadan som vi maa tegne det efter den sidste sommers erfaringer, i aller enkleste form og med uteladelse av selv meget interessante detaljer, er vist i fig. 9 a.*) Fra syd stikker en varm lufttunge op, som ender med en spids ved cyklon-centret. Langs den nordlige rand av denne varme lufttunge har vi det brede regnbaand, langs den vestlige rand det smale. Det brede baand danner sig hvor søndenvinden strømmer op over den kolde luft. Denne haardt pressede kolde luft rømmer saa paa sin side vestover, og gjør en krap sving mot syd rundt spidsen av den varme lufttunge. Derpaa flyter den fra vest indunder den varme luft, som derved tvinges østover. Herav følger cyklonens vandring mot øst. Selve centret flytter sig langs den sydlige rand av det brede regnbaand, altsaa langs den linje hvor den varme søndenvind møter den kolde østenvind. Denne linje viser altsaa paa forhaand, hvilken vei cyklonen vil følge. Vi kalder den derfor syklonens styrelinje. Forreste rand paa den smale regn-stripe, hvor kold vestenvind trænger sig ind under den varme søndenvind, kalder vi cyklonens bygelinje. Vinklen mellem styre- og bygelinje synes at staa i sammenhæng med cyklonens fart. Vinklen er gjerne stor og kan nærme sig 180^0 ved cykloner som bevæger sig hurtig. Fig. 8 er et eksempel paa en saadan hurtigløper. Derimod gaar de som oftest langsommere naar vinklen er ret, som i fig. 9 eller endnu mindre. Disse regler, som tillater os tilnærmet at bestemme kurs og fart av en cyklon, er naturligvis av den aller største viglighet for veirvarslingen.

Mange er de teorier, som i tidernes løp har været fremsat for at forklare cyklonernes bygning. Og merkelig nok fører disse nye resultater tilbake til forestillinger saa gamle, som dem Dove fremsatte omkring midten av det forrige aarhundrede. Som aarsak til alle større veiromslag paa vore bredder tænkte han sig den vekslende lykke i kampen mellem en varm luftstrøm fra Ækvator og en kold fra Polen. Og hvirvelcentret er, som vi ser, netop midtpunktet for, hvad man kan fristes til at kalde en saadan kamp. Den kolde luft søker sydover og den varme nordover, for at utjevne temperaturforskjellen mellem den kolde og den varme zone. Under kampen har den varme luft overtaket paa hvirvlens forside: her trænger den frem,

*) J. Bjerknes: On the structure of moving Cyklones. Geofysiske Publikationer No. 2. Kristiania 1919.

Digitized by Google

flyter ovenpaa den kolde og nærmer sig sit maal, Polen, som en strøm i høiden. Til gjengjæld svinger den kolde luft over paa cyklonens bakside, vender her sydover og falder den varme luft i flanken med det resultat, at denne maa forlægge sin fremmarsch mot Polen stadig længere østover.

Denne opfatning av cyklonerne, ikke som hvirvel i en ensartet

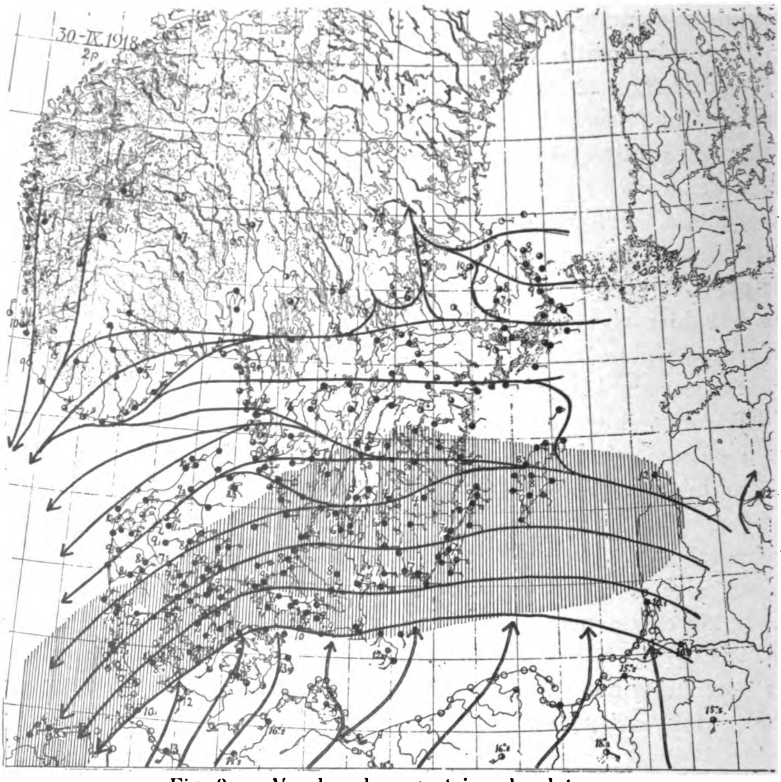


Fig. 8 a. Vandrende regnstripe, bred type.

luftmasse, men som det man billedlig kan kalde en kraftprøve mellem to luftstrømmer, har i den senere tid været fremholdt fra teoretisk side av østerrikeren Margules*) og paa empirisk grundlag av Sir Napier Shaw,**) uten at dog deres synspunkter hittil har vundet

*) Margules: Energie der Stürme. Jahrbuch der K. K. Zentr.-anst. für Meteorologie 1907. Anhang.

**) N. W. Shaw: Forecasting Weather. London 1911.

Digitized by Google

terræng og utøvet nogen større indflydelse paa meteorologiens utvikling.

Det har sin interesse tilslut at se paa dimensionerne av en saadan kamp. Cyklonen den 30te september var en høstcyklon av sedvanlig styrke. Den gik omtrent med jernbanefart. Dens regnbaand har strakt sig fra Finland over Østersjøen, Syd-Sverige og Danmark, og derfra

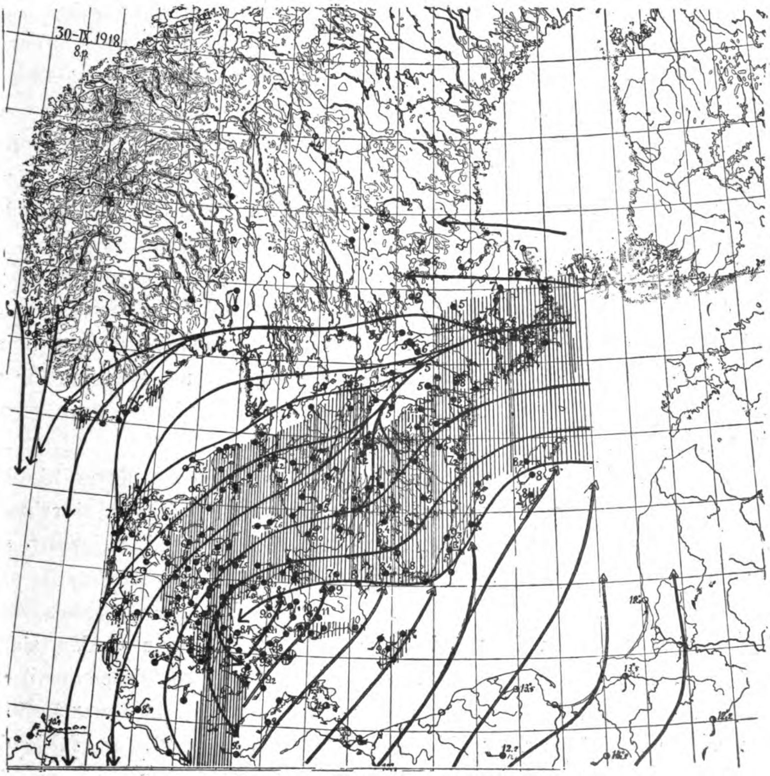


Fig. 8 b. Samme brede regnstripe som i fig. 8 a, 6 timer senere, med tilhørende smal regnstripe.

ret ned gjennem Tyskland, antagelig helt til Alperne. Det gir en kampfront av 2000 km. længde, og selve regnbaandets flateindhold er næsten saa stort som Norges. Hvor dette regnbaand har draget frem, har det i gjennemsnit efterlatt 10 mm. regn. For at fylde dette maal er der blit utøst omtrent 100 000 tons vand i sekundet. Sætter vi, at dette regn er faldt gjennemsnitlig fra 1000 m. høide, saa vil

Digitized by Google

det si, at cyklonens regnbaand danner en vandrende fos paa noget saadant som en milliard hestekræfter, d. v. s. det femtidobbelte av hele Norges vandkraft.

Et naturfænomen av saadan vælde kan ikke dra forbi, uten at det merkes i stor utstrækning, selv langt utenfor selve regnomraadet. Befinder vi os nordenfor cyklonbanen saa har vi gjennemgaaende tør og kold østlig vind. Men nogen tusen meter over vore hoder nærmer sig den brede fordypning, som den varme luftstrøm danner i den kolde, mens den flyter mot nord. Grænsen mellem de to luftstrømmer vises først ved lette fjærskyer, som saa efterhaanden gaar over til et sammenhængende slør. I dette ser man ofte ring om sol eller maane, det er gamle velkjendte tegn paa, at uveir er i nærheten. Drar cyklonen forbi langt i syd, saa vil atter opklaring følge, uten at der kommer nogen større veirforandring. Ligger dens bane nærmere (se fig. 9 b), saa blir sløret stadig tættere og gaar over til lagskyer, efterhvert som det dypeste punkt av den varme luftstrøm nærmer sig. Det begynder saa at falde enkelte regndraaper, og saa sammenhængende regn, som efterhvert blir tættere og derefter atter letner, for at efterfølges av en jevn opklaring, mens samtidig vinden gaar mere over paa nord.

Befinder vi os syd for centret (se fig. 9 c), saa forandrer himlen utseende fra først av paa samme maate. Man ser fjærskyer, slørskyer, lagskyer, regnskyer og saa følger nogen timers indtil en dags jevnt regn. Saa dreier vinden fra SE mot S eller SW, temperaturen stiger, ofte adskillige grader, det jevne regn hører op for at følges av opklaring, som dog kan avbrytes av byger, især paa Vestlandet naar vinden staar mot land. Men saa, efter forholdsvis godveir fra nogen timer op til en eller et par dager, følger et pludselig veiromslag. Der kommer heftige byger, ofte med torden og altid med et mer eller mindre paafaldende temperaturfald. Derefter følger den endelige opklaring, hvis det da ikke, som i det vestlandske Norge, fortsætter med byger saa længe vinden endnu er paa vest.

Ikke mindst har dette nøiere kjendskap til cyklonerne interesse derved, at det gir os forstaaelse av, hvordan fiskere, sjømænd og fjeldfolk bedømmer det kommende veir efter himmelens utseende, og det bør være forbi med den tid, da meteorologerne utarbeider sine forutsigelser som rent kontorarbeide, i et værelse, hvor man kun kan se en liten stripe himmel.

Digitized by Google

Men om himmelens utseende gir en god støtte, saa vil hovedsaken dog bli veirtelegrammerne, især fra landene i vest. Forhaabentlig vil vi til sommeren kunne tegne regnbaandene et helt døgn eller mere,

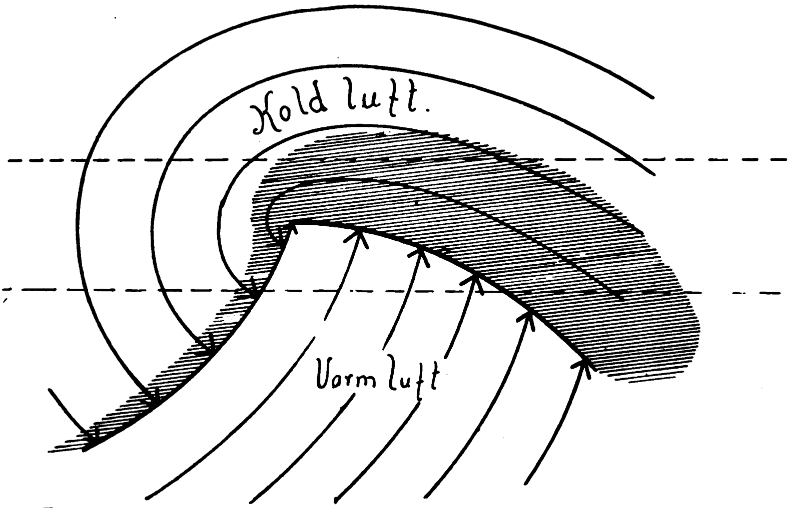


Fig. 9 a. Luftbevægelse og regn i en cyklon. Horizontalprojektion.

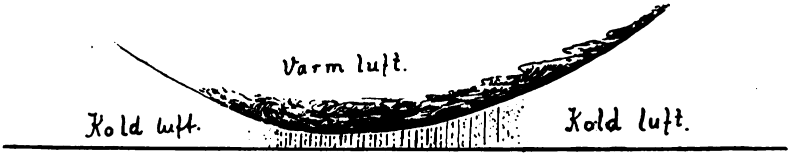


Fig. 9 b. Vertikalsnit nord for cykloncentret (langs den øverste av de strekede linjer i fig. 9 a).

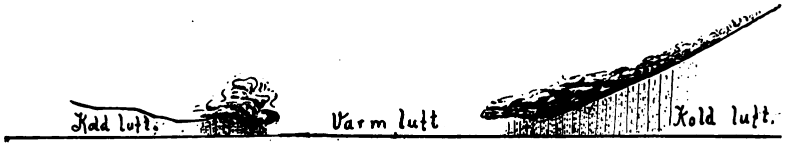


Fig. 9 c. Vertikalsnit syd for cykloncentret (langs den nederste av de strekede linjer i fig. 9 a).

førend de naar vore kyster. Dette vil gi grundlaget for en sikrere forutsigelse av de store regnveir. Men man maa ikke tro, at dermed alle vanskeligheter er overvundet. Det er ikke let at avgjøre, om en cyklon, som ligger i England, ogsaa er sterk nok til at tvinge sine

Digitized by Google

regnbaand frem over en hindring som den norske fjeldryg. Her staar meteorologerne overfor avgjørelser, som er like vanskelige som de er ansvarsfulde. Her kræves fortsat erfaring, førend man kan naa fuld sikkerhet.

Og dog vilde meteorologernes arbeide være let, om der ikke forekom andet regn end det vi hittil har betragtet: det stillestaaende, som skyldes vind mot bakke, og det vandrende, som følger cyklonerne. Men vi har ogsaa regn av langt lunefuldere karakter. Alle kjender de sommerdager, som oprinder straalende klare, hvor bønderne kaster ut sine saater med godt haap. Men saa ut paa formiddagen begynder det at skye op. Der danner sig haugskyer over fjeldene og ved middag eller ut paa eftermiddagen kommer pludselig en skur, inden man rækker at faa høiet kjørt ind eller raket sammen i saater. Om aftenen klarner det op igjen, men til ingen nytte, det fortsætter dag efter dag paa samme maate.

Ogsaa disse byger skyldes luft som stiger tilveirs, derom er man ikke i tvil. Hvor solen opvarmer en fjeldskraaning kan man mange ganger se luften sitrende stige op. Den varme luft følger fjeldsiden til toppen eller kammen og maa saa fortsætte frit opover. Dette gir en svak vind opad bakke, fra dal mot fjeld, fra sjø mot land. Det er den kjendte godveirsvind, solgangsvinden. Den stilner om aftenen, naar opvarmningen ophører, eller vender sig til en svak vind av motsat retning. Da avkjøles luften hurtigere i de større høider, kold og tung luft synker tilbake igjen fra fjeld til dal, fra land til sjø.

Under disse godveirssituationer, med solvarme dager og klare kjølige nætter, er det at eftermiddagsbygerne danner sig. Dette er i og for sig forstaaelig. Men det overraskende er, at paa én solskinsdag dannes ingen skyer eller kun lette uskyldige sommerskyer. Paa en anden derimot, som oprinder like blank, faar man de kraftigste tordenveir. Her er en gaate, som maa opklares, hvis det skal lykkes at varsle for disse byger.

En nærliggende tanke er, at luftens temperatur paa bygedagene kanske avtar meget raskt mot høiden. Tilstanden kan da være meget nær instabil, saa at selv en liten opvarmning nede ved jorden vil frembringe sterk opadstigende luftstrøm eller endog fuldstændig omveltning. Paa de sikre godveirsdager skulde temperaturen derimot avta langsomt med høiden og følgelig tilstanden være stabil, saa at op-

Digitized by Google

varmningen av de nederste lag ved solstraalingen kun skulde ha liten virkning til at frembringe opadstigende luftstrøm. Ledet av den tanke hadde vi ogsaa planlagt maalinger av temperaturens avtagen med høiden. Gjennemførelsen av denne plan kom dog til at strande paa praktiske vanskeligheter. Vi maatte undvære disse observationer, og

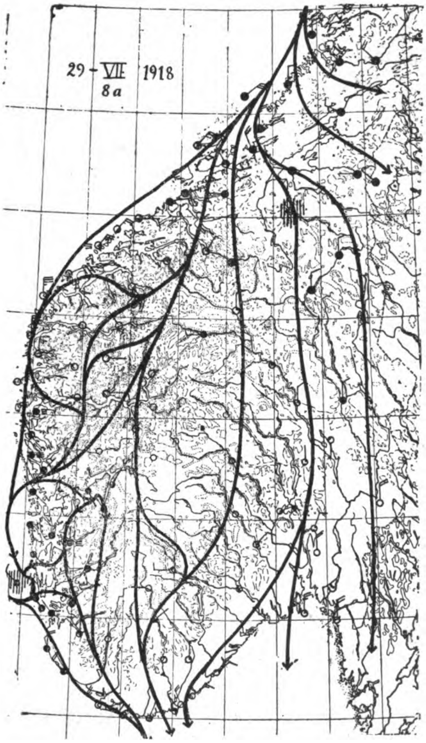
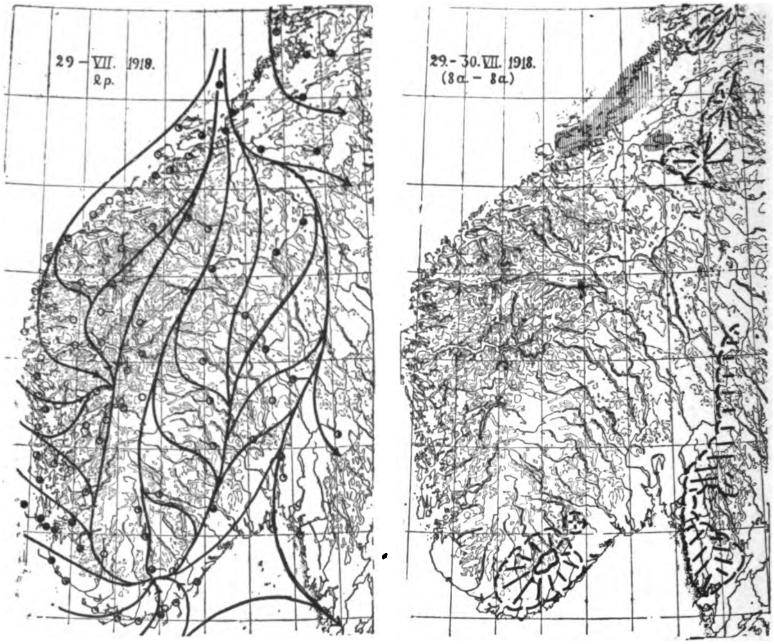


Fig. 10. Første bygedag. Luftbevægelse kl. 8 morgen.

fik kun anledning til at studere bygedannelsen paa vore karter. Vi skal se, hvordan en saadan række av bygedager tar sig ut.

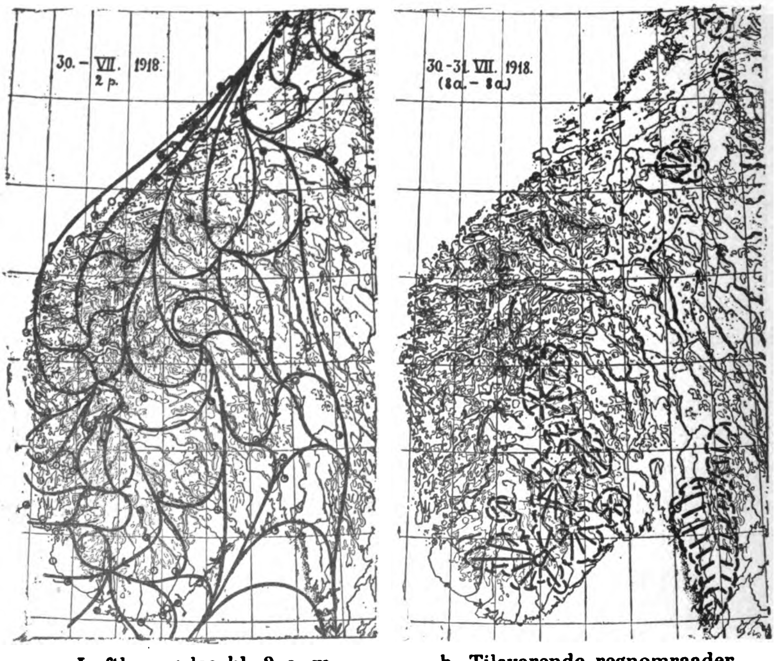
Fig. 10 viser vinden kl. 8 morgen den 29de juli. En cyklon var netop dradd bort og hadde efterlatt svak nordenvind med overveiende klart veir over den største del av landet. Eftersom solen steg, satte dalvinden op mot fjeldene og suget vinden fra sjøen efter sig. Sammen med nordenvinden gav dette ved middagstid den vindfordeling, som er vist paa første kart fig. 11.

Digitized by Google



a. Luftbevægelse kl. 2 e. m. b. Tilsvarende regnomraader.

Fig. 11. Første bygedag.



a. Luftbevægelse kl. 2 e. m. b. Tilsvarende regnomraader.

Fig. 12. Anden bygedag.

Digitized by Google

Paa Sørlandet, hvor sjøvinden strømmer sammen fra tre kanter, vest, syd og øst, har den magtet at stanse nordenvinden, og der har dannet sig et sammenstrømningspunkt paa aasene mellem Topdal og Evje i Sætersdalen. Over disse aaser skyer det op, og allerede inden middag hadde tordenbyger hjemsøkt omraadet indenfor den indre ring paa det andet kart fig. 11. Bygerne fortsætter om eftermiddagen ut i alle retninger, som strekene viser, og naar frem til den ytre strekede linje inden det klarner til natten.

Næste morgen oprinder atter blank. Men efter nattens hvile sætter atter solgangsvinden ind, fra sjø mot land, fra dal mot fjeld (fig. 12). Paany strømmer luften sammen mot Evje. Men det er ikke længer det eneste sammenstrømningspunkt. Paa Storstensheia mellem Sætersdalen og Ryfylke har man et nyt centrum. En hel sammenstrømningslinje fører over Gausta, Blefjeld og Hallingskarvet op til Filefjeld. Et meget kraftig sammenstrømningspunkt har dannet sig paa Dovre, mindre centrer finder man paa Voss og paa Skarfjeld nord for Sognefjorden.

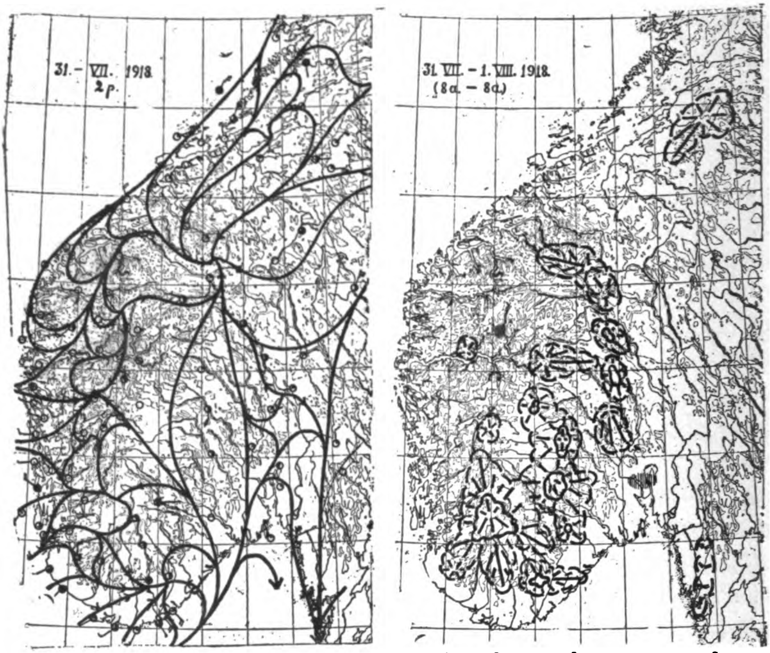
Men virkningen er meget forskjellig paa de forskjellige steder. Fra Evje gaar der atter byger, og likedan fra de nye centrer paa Gausta, Blefjeld, Hallingskarvet og Filefjeld. Men Skarfjeld og Voss er virkningsløse, og selv en saa kraftig sammenstrømning som den paa Dovre bringer kun lette skydannelser, men intet regn.

Om natten stilner atter vinden eller gaar over i den motsatte, og det klarner over hele landet. Men paa den tredje dag gjentar sig det samme spil. (Fig. 13). Inden middag er alle sammenstrømningspunkter fra gaarsdagen dukket op igjen, og nye kommet til. En sammenstrømningslinje har dannet sig over Norefjeld, Synsfjeld i Torpen og Rondene optil det gamle centrum paa Dovre. Langs denne linje faar vi bygecentrer, nu ogsaa paa selve Dovre. Likedan begynder det at gaa byger fra det gamle centrum paa Skarfjeld, mens paa Voss endnu ingen virkning spores.

Den fjerde dag gaar det endelig løs ogsaa paa Voss: der gaar byger fra mindst tre centrer. Et nyt centrum dukker op i Nordmarken ved Kristiania. Forøvrig gaar de distrikter, som ligger under de forskjellige centrer, mer og mer over i hinanden. (Fig. 14).

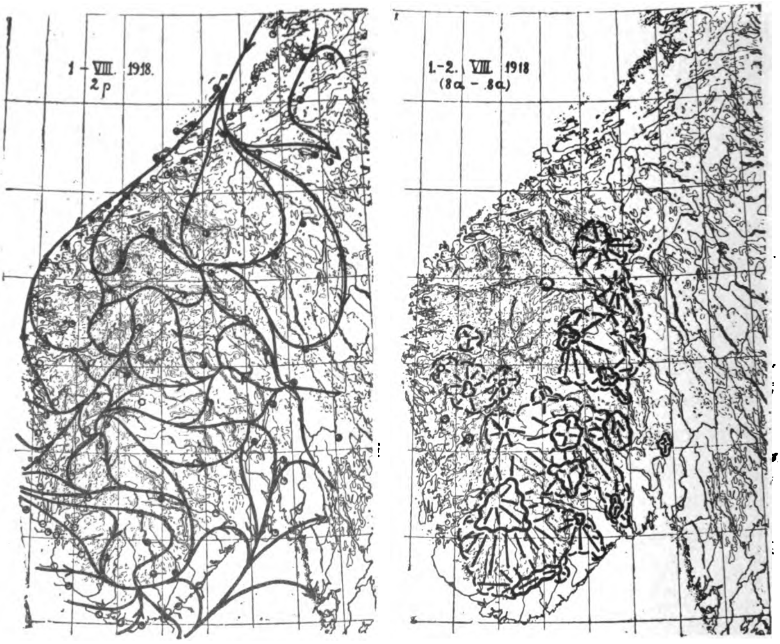
Den femte dag fortsætter utviklingen i samme retning. Man ser et antal nye aktionscentrer og fortsat sammenvoksning av omraaderne for de gamle. (Fig. 15).

Digitized by Google



a. Luftbevægelse kl. 2 e. m. b. Tilsvarende regnomraader.

Fig. 13. Tredje bygedag.



a. Luftbevægelse kl. 2 e. m. b. Tilsvarende regnomraader.

Fig. 14. Fjerde bygedag.

Digitized by Google

Men nu træer ogsaa bestemte omraader frem, som aabenbart vanskelig naaes av byger. Det er først og fremst fjeld som ikke lar sig opvarme, saadanne som Jostedalsbræen og Folgefonden. Den som har vandret over en bræ i solskin og har set luften sitrende flyte ikke opover, men n e d o v e r skraaningen, vil forstaa grunden: Over bræerne faar man kold nedstigende luft, som bringer klar himmel og holder bygerne borte. Paa alle karter vil man ogsaa finde et tydelig utstrømningspunkt over Jostedalsbræen.

Lignende virkning som bræerne har de store sjøer: Over Mjøsens kolde flate danner der sig nedadstigende luftstrøm, som beskytter Hedemarken mot byger. Lignende virkning har ogsaa de mindre sjøer paa Østlandet og de store fjorder paa Vestlandet.

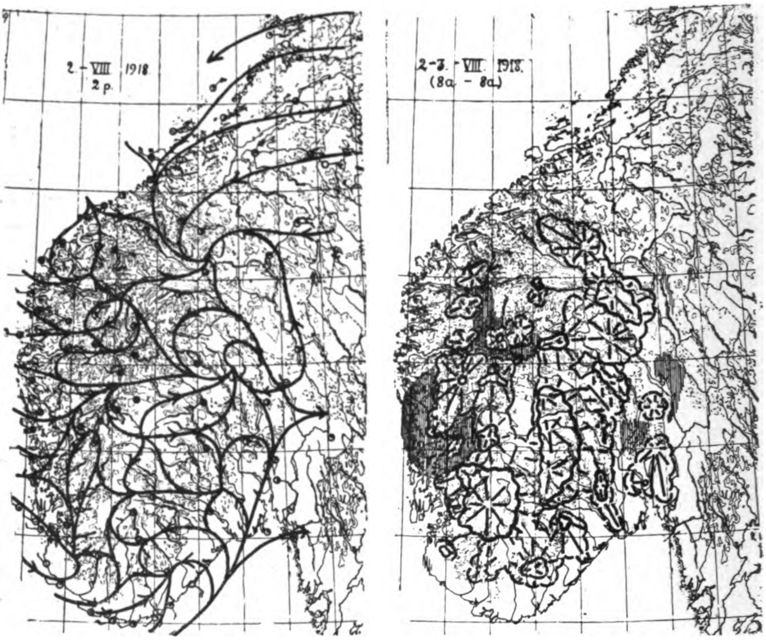
Men om natten vender forholdet sig om. Da klarner det op over bygecentrerne. Her avkjøles luften sterkt og synker ned, mens den til gjengjæld stiger op over de sænkninger, hvor der ikke er faldt regn om dagen. Disse strøk faar stille regn om natten. Disse omraader for natlig regn er skraferet paa kartet fig. 15 b: det er fremfor alt forskjellige vestlandske fjorder samt de lykkelige jordbrukerstrøk som Jæderen, Ringerike og Mjøsbygderne.

Den sjette dag har aktionscentret paa Dovre utviklet sig kraftig. (Fig. 16). Det suger luft til sig fra alle sider. Overalt maa denne luft strømme op ad bakke og følgen er sammenhængende regn hele dagen. Et nyt aktionscentrum har utviklet sig i Sverige, mellem Trysil og Dalelven, og sender byger ind over Trysil og Øvre Østerdalen.

Imidlertid ser man at der nu i syd forberedes en ny vending i veiret: en tør østenvind feier bygerne bort. Den danner utkanten av en cyklon som nu behersker veiret idet den drar forbi.

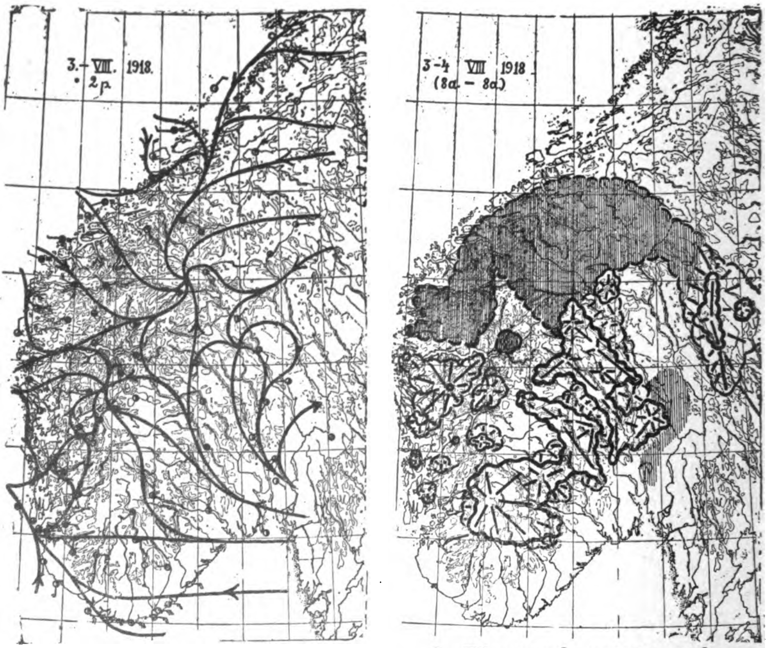
Undersøker vi de enkelte karter nærmere, saa viser det sig, at den forklaring som vi hadde tænkt os paa forhaand, nemlig at luften skulde være mindre stabilt skiktet paa bygedagene end paa de sikre godveirsdager, ikke kan træffe sakens kjerne. Karterne viser nemlig, at sammenstrømning og tilhørende opstigende luftstrøm kan forekomme like sterkt paa de steder hvor der dannes byger som paa de steder hvor godveiret holder sig. Paa den anden bygedag har vi f. eks. like kraftig sammenstrømning av luft paa Dovre som paa Sørlandet, og følgelig like kraftig opstigende luftstrøm paa det første sted som paa det andet. Men like fuldt har man paa Sørlandet byger, mens intet regn falder paa Dovre. Det som skal utforskes er altsaa ikke betingel-

Digitized by Google



a. Luftbevægelse kl. 2 e. m. b. Tilsvarende regnomraader.

Fig. 15. Femte bygedag.



a. Luftbevægelse kl. 2 e. m b. Tilsvarende regnomraader.

Fig. 16. Sjette bygedag.

Digitized by Google

serne for dannelse av en opadstigende luftstrøm, men grunden til at en saadan opstigende luftstrøm paa visse steder og til visse tider straks bringer byger, men paa andre steder og til andre tider synes helt virkningsløs.

For at finde sammenhængen hermed kan vi betragte kartene i rækkefølge. Vi ser at de første bygecentrer ligger paa fjeld nær kysten. Fra disse fortsætter bygedannelsen som en smitte fra fjeld til fjeld indover landet. Denne smitte synes at følge bestemte baner: paa den anden bygedag gaar en saadan bane fra Sørlandet over Telemarks-, Numedals- og Hallingdalsfjeld op til Filefjeld. Paa den tredje dag viser sig en bane fra Norefjord over Valdres- og Gudbrandsdalsfjeld op til Dovre. Tar vi saa i betragtning at de fjeld, hvor en sammenstrømning kan være virkningsløs i flere dager, for det meste ligger langt inde i landet, faar vi en anelse om smittens art: det maa være fugtighet fra sjøen.

Tanken kan prøves. Luft over landet indeholder om sommeren omtrent en halv vægtsprocent vand, luft over sjøen derimot omtrent den dobbelte mængde, en procent. Naar derfor sjøluft stiger op, vil vandet begynde at utskille sig allerede i 500 til 1000 meters høide, derimot først i 1500 til 2000 meters høide naar det er tør landluft. Denne forskjel er fuldstændig tilstrækkelig til at forklare at like sterk sammenstrømning en gang kan gi byger og en anden gang kun høie uskyldige skyer. Da nu solgangsvinden gaar med en fart av 10 til 20 km. i timen, vil den i løpet av en dag naa et par hundrede kilometer gjennem fjorder og dalfører. Dette forklarer at byger dannes allerede første dag paa Sørlandet, men først anden dag saa langt op som til Filefjeld, og først tredje dag helt op paa Dovre. Og paa de forholdsvis faa steder hvor vi har hat fugtighetsmaalere har det ogsaa altid vist sig at bygedannelsen sætter ind saasnart den fugtige luft er ankommet, men heller ikke før.

Noget overraskende kan det se ut, at bygedannelsen gaar saa langsomt for sig paa Vestlandet. Men om veien ind fra sjøen er kort, saa er de trange og forrevne fjorder og daler ikke saa bekvemme kanaler som de brede østlandske dalfører. Paa den første godveirsdag hadde man paa Vestlandet ingen bygecentrer. Paa den anden dannes kun ét centrum, det paa Storstensheia, som faar sin sjøluft op gjennem Ryfylkefjordene, paa den tredje dag kommer kun to nye til, det paa Haarteigen og det paa Skarfjeld. Helt til fjerde dag varer det før virkningen gjør sig gjældende paa Voss, som jo ligger meget avstængt fra

Digitized by Google

fjordene. Og her har vi heldigvis fugtighetsmaalinger til kontrol. De viser at helt til tredje dag har Voss hat tør landluft. Men paa den fjerde dag kom sjøluften og samme dag bryter ogsaa bygerne løs.

Længst maa Trysil og øvre Østerdalen vente paa sine byger. Mjøsen ligger her som en hindring for sjøluftens fremtrængen fra Skagerak av. Men sjøvind fra Den botniske bugt danner efterhaanden bygecentrer i Sverige, som sender byger over denne del av Norge.

Vi kan efter dette med stor sikkerhet trække den slutning at lokale byger kun optrær i fugtig luft som er naadd frem fra sjøen med solgangsvinden. Denne sjøluft er like klar som landluften. Morgenen oprinder like blank som dagen før, da luften var tør. Ingen kan heller kjende om luften indeholder en halv eller en hel procent vanddamp, saa intet tegn sier os om der forestaar en tryg godveirsdag eller en bygedag. Her kan kun fysikens maalemetoder hjælpe os. Og efterat vi nu har faat blik for lovmæssigheten, har vi godt haap om fremgang ogsaa med denne tidligere saa vanskelige opgave at utsende varsler om fare for lokale byger.

De love som saaledes er fundet for de lokale byger i Norge, vil sikkert gjenfindes i hovedtrækkene i alle land og alle verdensdele hvor byger av denne natur optræder. Forsaavidt er dette resultat av like almindelig interesse som paavisningen av regnbaandene i cyklonerne.

Jeg har her holdt mig til spørsmaalet om forutsigelse av regn. Dette var hovedopgaven sidste sommer. Men veien er ikke lang herfra til forutsigelse av vind og storm. Det vinkelformede regnbaand i cyklonerne viser ogsaa hvor stormen huserer værst. Der blir derfor ingen stor forskjel paa at forutsi regnets og vindens vekslinger under forbifarten av en cyklon. Her kan man derfor paa en gang møte akerbrukets, fiskeriernes, sjøfartens og luftfartens interesser.

De lokale sommerbyger er i det store og hele et indlandsfænomen. De kan naa frem til fjordene og den indre skjærgaard, men gaar sjelden helt til havs. Paa en aapen kyst som Jæderen stanser de som regel et par mil fra sjøen. Varslingen av disse, som er saa vigtige for landbruket, faar derfor kun underordnet betydning for sjøfolk og fiskere. Men for luftfarten er de i ethvert fald høist ubehagelige om ikke farlige. Varsling om saadanne byger langs luftruterne blir derfor et krav som man ikke kommer forbi. Det blir en fremtidsopgave at organi-

Digitized by Google

sere en veirtjeneste som kan besørge dette. Men allerede nu kan en almindelig varsling gives: Ruterne bør ikke paa varme sommereftermiddager lægges for nær de aktionscentrer for bygedannelse som allerede nu er kartlagt.

Jeg skal ikke gaa videre i enkeltheter, men vende tilbake til de to hovedresultater som kan sammenfattes saa: sløret som har dækket over cyklonernes hemmelighet er begyndt at falde, og i den tilsyneladende regelløshet for de lokale byger har vi faat blik for en fast lovmæssighet.

Saa forskjelligartede disse to resultater kan synes at være, saa vil man dog se en eiendommelig forbindelse imellem dem. I begge tilfælder viser det sig at det nye veir skyldes fremtrængen av nye luftmasser. Cyklonregnet skyldes varm luft fra syd, de lokale byger fugtig luft fra sjøen. Merker vi os at den varme luft i cyklonen ogsaa er fugtigere end den kolde, saa har vi den enkle og næsten selvfølgelige regel at kun luft som indeholder meget vand bringer regn.

Karter over luftens vandgehalt vil derfor fremtidig kræves som en vigtig støtte for veirvarslingen. Sammen med karter over selve regnfronterne vil de gi det bedste billede av de kjæmpende luftmassers fordeling, mens vindkarterne gir grundlaget for at bedømme hvordan denne fordeling vil forandre sig.

Som veirtjenesten i de forskellige land og utvekslingen av veirtelegrammer landene imellem nu er indrettet, tillater de os endnu kun høist ufuldkomment at følge denne kamp og kun at sende ufuldkomne underretninger om dens gang fra land til land. Her venter en stor international organisationsopgave paa sin løsning.

Om Absorptionens Afhængighed af Lysstyrken.

Af Chr. Winther.

Et af de sikreste Aksiomer baade i den teoretiske og den praktiske Fysik er vistnok det, der gaar ud paa, at et Stofs Absorptionskoefficient under givne ydre Omstændigheder er konstant og uafhængig af den Lysintensitet, der anvendes ved Maalingen. Aarsagen til, at jeg kom til at undersøge dette Spørgsmaal, der ikke skulde synes at

Digitized by Google

have Undersøgelse behov, var en Samtale med Prof. M. Tschern ing, hvoraf det fremgik, at visse Ejendommeligheder ved Øjets Forhold overfor svage Lyspaavirkninger lettest kunde forklares, dersom Absorptionen af det gule Farvestof i Nethindens centrale Del aftog stærkt ved meget smaa Lysintensiteter.

Et Gennemsyn af Literaturen viste, at Loven om Absorptionens Konstans eksperimentelt set hviler paa meget svage Fødder, idet der af direkte Undersøgelser vistnok kun findes en eneste[1]), i hvilken Intensiteten endda kun blev varieret indenfor snævre Grænser. Jeg ansaa mig derfor berettiget til at underkaste Aksiomet en nærmere Undersøgelse. Da de Intensiteter, her er Tale om, ligger omkring $^1/_{400}$ Hefnermeter, kunde der kun være Tale om fotografisk Maaling.

Paa tværs af en optisk Bænk af 3 Meters Længde blev anbragt en Skærm med 2 Huller over hinanden og over Bænkens Midterlinie. Hullernes Diameter var 8 mm, og de kunde hver for sig lukkes med en Klap. Paa Skærmens Bagside kunde en Kasette forskydes, saaledes at den automatisk standsede i 7 Stillinger, hvorved der paa samme Plade kunde faas 14 Optagelser. Som Lyskilde tjente en lille 50-Lys 12-Volts Lampe, som brændte med 10 Volt (Akkumulator), og var anbragt i et Lampehus, hvori en fin Aabning, dækket indvendig med 6 Lag Kalkerpapir, hvorved selve Hullet kunde regnes som Lyskilde. De 12 af Eksponeringerne foretoges ved direkte Bestraaling af Pladen, idet Lyskilden anbragtes i 12 forskellige Afstande, saaledes at der blev eksponeret 6 Gange i kort Tid (ens for for alle) og korte Afstande, 6 Gange i lang Tid (ens for alle) og lange Afstande. Ved de to resterende Eksponeringer blev en Glaskuvette med 1 cm Lag af 0,001 pCt. Naftolorange stillet umiddelbart foran Hullet i Skærmen og Lyskilden anbragt saaledes, at de resulterende Sværtninger vilde falde indenfor de Skalaer, der fremkom ved de »frie« Ekspositioner. Den anvendte fotografiske Plade var ikke optisk sensibiliseret. Paa de færdige Plader blev Sværtningerne maalt i et Martens Polarisationsfotometer i diffust Lys.

I de følgende Tabeller er angivet Pladens Nummer, Diameteren af Hullet i Lampehuset, Eksponeringstiderne i de to Sæt Eksponeringer, Lyskildens Afstand A i cm og Sværtningerne $S = \log \frac{I_0}{I}$. Tallene i Kursiv angiver Eksponeringerne bag Kuvetten med Farvestof.

[1]) Bunsen u. Roscoe. Pogg. Ann. **101**, 235 (1857).

Digitized by Google

Plade 1.

Huldiameter 0,9 mm.

10 Sek.			20 Min.		
A	S	S ber.	A	S	S ber.
16	0,77	0,77	160	0,56	0,56
16,5	0,74	0,74	165	0,55	0,55
17	0,73	0,72	170	0,54	0,54
10	*0,72*		*100*	*0,52*	
17,5	0,69	0,69	175	0,53	0,53
18	0,68	0,67	180	0,52	0,52
18,5	0,65	0,64	185	0,52	0,51

Plade 2.

Huldiameter 1,5 mm.

10 Sek.			30 Min.		
A	S	S ber.	A	S	S ber.
16	1,09	1,11	160	0,94	0,95
16,5	1,07	1,08	165	0,92	0,91
17	1,13	1,06	170	0,87	0,87
10	*1,10*		*100*	*0,79*	
17,5	1,01	1,03	175	0,83	0,84
18	0,98	1,00	180	0,79	0,80
18,5	0,98	0,98	185	0,76	0,76

Plade 3.

Huldiameter 1,5 mm.

10 Sek.			30 Min.		
A	S	S ber.	A	S	S ber.
16	0,98	0,99	160	0,92	0,92
16,5	0,97	0,96	165	0,87	0,87
17	0,93	0,93	170	0,81	0,81
10	*0,90*		*100*	*0,73*	
17,5	0,88	0,90	175	0,74	0,76
18	0,87	0,87	180	0,70	0,70
18,5	0,84	0,84	185	0,65	0,65

Digitized by Google

Under $S_{ber.}$ er anført de udjævnede Værdier af S, beregnede ud fra den Forudsætning, at der er lineær Afhængighed mellem Lyskildens Afstand og S, hvilket indenfor det anvendte Sværtningsomraade stemmer med tilstrækkelig Nøjagtighed.

I følgende Tabel er samlet: Pladens Nummer, Eksposiitionstiden ved »fri« Belysning, den Afstand ved »fri« Belysning, der giver samme S (udjævnet) som de tilsvarende Belysninger bag Farvestoffet, samt de deraf beregnede Absorptioner i pCt.

Plade Nr.	Tid	Afst.	Abs.
1	10 Sek.	17	65
1	20 Min.	180	69
2	10 Sek.	16,2	62
2	30 Min.	181	70
3	10 Sek.	17,5	67
3	30 Min.	178	68

Den anvendte Lysstyrke blev i samme Apparat bestemt ved Sammenligning med en Hefnerlampe. Belysning 10 Sekunder.

Huldiameter 1,5 mm		Hefner	
A	S	A	S
10	1,82	190	1,61
15	1,37	210	1,56
20	1,10	230	1,48
25	0,92	250	1,39
30	0,78	270	1,35
35	0,66	290	1,25
40	0,62		

Ved grafisk Udjævning fremkom de i følgende Tabel angivne S-Værdier for Hefnerlampen. I 3die Række er angivet de til disse Sværtninger svarende Afstande for Glødelampen med 1,5 mm Hul, i 4de Række de deraf beregnede Belysninger (i Lux) som Glødelampen frembringer i 10 cm Afstand.

Digitized by Google

A	S	A	Belysn.
Hefner		Glødelampe	
190	1,61	11,8	0,39
210	1,55	12,4	0,35
230	1,48	13,1	0,32
250	1,41	14,2	0,32
270	1,33	15,5	0,33
290	1,25	16,8	0,34
			0,34

Lampen med 0,9 mm Hul giver da i samme Afstand 0,12 Lux.

Følgende Tabel indeholder de fundne Absorptionsstørrelser, ordnede efter aftagende Belysning.

Plade	Belysning	Absorption
2	0,34	62
3	»	67
1	0,12	65
2	0,0034	70
3	»	68
1	0,0012	69

Værdierne synes at vise en ganske svag Stigning af Absorptionen med aftagende Belysning. Dette beror dog sikkert paa eksperimentelle Fejl. Ved de korte Afstande — de 3 øverste Værdier — er Størrelsen af den belyste Plet ikke forsvindende lille i Forhold til Afstanden, og smaa Indstillingsfejl faar her stor Betydning. Disse Værdier varierer da ogsaa langt stærkere end de 3 sidste.

Selv ved disse meget smaa Lysstyrker maa Absorptionen derfor anses for konstant.

Digitized by Google

Fysik i Skolen.

Svenske Eksamensopgaver.

Uppgifter i Fysik, Studentexamen. H. T. 1919.

1. För att ett klot med 5 dm radie skall kunna kvarligga på ett lutande plan, vars vinkel med horisontalplanet är 12⁰, anbringas på planet nedanför klotet en träkloss så, at klotet stöder mot en horisontell kant av klossen i en punkt på 2 dm avstånd, räknat vinkelrätt från det lutande planet. Sök förhållandet mellan klotets tryck mot planet och dess tyngd, då det förutsättes, att ingen friktion förefinnes mellan klotet och planet.

2. En rektangulär metallskiva är upphängd i en tråd, så att skivan hänger vertikalt och så att dess nedre kant är parallel med ett därunder befintligt horisontellt bord och befinner sig 15 cm över det samma. Med undantag av en 3 cm bred strimma längs nedre kanten är skivans ena sida overdragen med ett lager av sot. I jämnhöjd med skivans underkant och vinkelrätt mot skivan befinner sig en vid en stämgaffel fästad nålspets, som nätt och jämt berör skivan och, när stämgaffeln svänger, rör sig horisontellt fram och tillbaka på skivans yta. Sedan stämgaffeln försatts i svängning, bringas skivan att falla, därigenom att tråden, som uppbär densamma, avbrännes. Skivan, som under hela rörelsen håller sig vertikal, är så lång, att nålspetsen berör densamma under hela falltiden. Efter försökets slut finner man, att nålspetsen ritat 58 hela svängningar i sotet. Beräkna stämgaffelns svängningstal. Accelerationen vid fritt fall är 981 cm.

3. I ett cylindriskt, lodrätt, nedtill slutet rör av 6 cm diameter är medelst en rörlig, friktionsfri kolv av 4,72 kg vikt avstängd en blandning av luft och mättad vattenånga. Hur mycket bör kolven belastas, för att volymen av den avstängda luften och vattenångan skall minskas till hälften? Den yttre luftens tryck är 755 mm kvicksilver. Mättad vattenångas tryck vid den rådande temperaturen är 17,4 mm kvicksilver. Kvicksilvrets egentliga vikt är 13,6.

4. En kvicksilvertermometer är graderad så, att den visar rätt, då hela instrumentet har samma temperatur. Vid ett tillfälle, då termometern med sin nedre del till gradstrecket $+50^0$ var nedsänkt

i ett oljebad, vars hela massa genom omröring hölls vid samma temperatur, visade den +172°,0. Vilken var oljebadets sanna temperatur, då man kan räkna med att termometerns ovan oljebadet befintliga del hade en temperatur av +32°? Kvicksilvrets volymsutvidgningskoefficient är 0,000181, glasets 0,000027.

5. En elektrisk personhiss, vars totala vikt är 340 kg, höjer sig med jämn hastighet 25 meter under loppet av 52 sekunder. Motorn, som lyfter hissen, arbetar med en spänning av 220 volt och har en verkningsgrad av 78 pCt. (d. v. s. 78 pCt. av den förbrukade elektriska energien förvandlas till mekaniskt arbete). Hur stor är strömstyrkan? En kilowatt motsvarar 102 kilogrammeter i sekunden.

6. I en strömkrets, vars totala motstånd är 1200 ohm, äro tre identiskt lika batterier *A, B* och *C* inkopplade i serie. så att de lämna ström i samma riktning. Mellan två punkter *D* och *E*, belägna respektive på delarne *AB* och *AC* av strömkretsen, inkopplas en ledning med en galvanometer, och mellan batterierna *B* och *C* införes i strömkretsen en reostat, vilkens motstånd regleras så, att ingen ström går genom galvanometern. Detta inträffar, då reostatens motstånd är 300 ohm. Hur stora äro de ursprungliga motstånden hos de delar av den slutna strömkretsen, vari denna uppdelas genom punkterna *D* och *E*?

7. I en bägare har man ifyllt kolsvavla till en højd av 10 cm och däröver vatten till samma höjd. Hur mycket upplyftad synes bägarens botten för ett öga, som ser lodrätt nedåt? Brytningsexponenten från luft till kolsvavla är $^5/_3$ och från luft till vatten $^4/_3$.

Resultater: Nr. 1: 0,82; Nr. 2: 599; Nr. 3: 33 kg; Nr. 4: 174,6°; Nr. 5: 9,34 Amp.; Nr. 6: 500 Ohm, 700 Ohm; Nr. 7: 6,5 cm.

Et Forsøg fra Lydlæren.

Naar en Stemmegaffel svinger, fremkommer der som bekendt ved Interferens mellem de Bølgesystemer, de to Grene udsender, Steder, hvor Tonen lyder svagt. Man kan paavise dette ved, mens Stemmegaflen svinger, at holde den vandret over et Resonansrør lavet af et Cylinderglas hvori der er fyldt Vand saa højt, at Afstanden fra Stemmegaflen til Vandoverfladen er en Fjerdedel Bølgelængde. Ved

Digitized by Google

nu at dreje Stemmegaflen om sin Længdeakse vil man let opdage 4 Stillinger, i hvilke Tonen kun lyder meget svagt, medens den i 4 andre Stillinger har Maksimum af Styrke. Hvis man i en af de Stillinger, hvor Tonen lyder svagt, forsigtigt skyder et Rør f. Eks. et Reagensglas ned over den ene Gren uden at berøre den, vil Tonen lyde kraftigt igen, fordi man nu har forhindret det Bølgesystem, som Grenen udsender, i at udbrede sig og derved ogsaa forhindret Interferensen. *(Physikalische Zeitschrift).* *L. C.*

Anmeldelser.

Chr. Winther: Fotografiske Øvelser. G. E. C. Gad, København 1919. Pris h. 2,35 Kr.

En recension oeh några förslag.

Inom den fotografiska litteraturen finnes, mig veterligen, icke något motstycke till denna bok. Förf. har sålunda ej haft någon förebild att följa, utan först i de kurser, han ledt, utpröfvat sina försök och så valt dem, som han funnit bäst ur teoretisk och pedagogisk synpunkt.

Vid deras beskrifvande har han sedan haft att välja mellan en kortfattad laborationshandledning, som blott är afsedd för laboratoriets lärjungar, och en mera utförlig handbok. Han har valt en medelväg — jag skulle dock ha önskat en något större utförlighet ur alla deras synpunkt, som ej arbeta på för ändamålet ordnade laboratorier.

Försöken äro nämligen i de flesta fall så enkelt och praktiskt anordnade, att äfven intresserade amatörer och fackfotografer böra kunna utföra dem och därigenom lära grundligare känna sitt optiska och fotokemiska material. Det, som då närmast synes mig böra utvidgas, är beskrifningen på de hjälpmedel som vid försöken användas — dels så att de utförligare beskrifvas, dels så att i vissa fall en handledning lämnas för deras framställande eller en hänvisning till hvarifrån de kunna erhållas.

Särskildt skulle jag i detta fall vilja framhålla de grå och gula kilar, som det är en glädje att se genomfördt använda. I hvad förf. sid. 39 säger om det rationella i att använda inten-

Digitized by Google

sitetsskalor vid gradations- och känslighetsbestämningar kan jag fullt instämma; i all synnerhet vilseledande kunna, som jag på annat ställe framhållit, de intermittenta tidsskalorna vara, sådana de erhållas i Scheiner sensitometern. Det vore därför synnerligen önskvärdt att en enkel och praktisk handledning för framställning af goda gråkilar blefve spridd — ej blott i tidskrifter utan äfven i en handbok som denna.

Vidare skulle för dess användning utom, kanske äfven inom laboratoriet några hänvisningar till litteraturen vara lämpliga. Å ena sidan önskar och behöfver man vid självstudier sätta sig något mera in i frågan än de antydningar medgifva, till hvilka förf. af lätt insedda skäl måst begränsa sig; å den andra torde försökens utförande väcka så mycket intresse, att man gärna något grundligare söker lära känna orsaken till hvad man funnit.

Det vore därför synnerligen önskvärdt att dels i början angifva några goda handböcker — t. ex. Englisch, Vogel, Miethe-Menthe, Derr, Beeson & Williams — å den andra vid de särskilda försöken angifva, hvar i dessa eller i specialhandböcker — Eders Handbuch och Jahrbuch, Schmidt's Photogr. Hilfsbuch etc. — närmare upplysningar kunna erhållas. Detta, som ett exempel, rörande den efter Goldberg, Luther och Weigert utarbetade metoden för svärtningskurvans erhållande, som af förf. flerstädes tillämpas.

Hvad vidare innehållet i dess särskilda delar angår, lämnas först några allmänna regler för arbetet. Här skulle jag tänka mig, att användningen af en indifferent mineralolja — paraffinolja — för att skydda framkallarelösningarna för luft kunde framhållas; likaså vikten af att använda urkokt vatten för att undvika luftbubblor, som lätt orsaka fläckar vid framkallningen.

Förf. öfvergår sedan till den optiska delen af arbetet, hvilken börjas med en kort karaktärisering af objektivens egenskaper. Därvid hade en strängare definition af brännvidd och bildvidd med utgång från huvudpunkterna varit önskvärd — hade den gifvits, skulle ej reservationer som den å sid. 70 varit nödvändiga. Oförklarade blifva med den gifna definitionen äfven egenskapen hos teleobjektiv att med kort kamerautdrag gifva stora bilder liksom

Digitized by Google

det nyttiga, men föga kända faktum, att man med ett dubbelobjektiv genom att afskrufva baklinsen i st. f. framlinsen vinner vida mer i »skenbar kameralängd« än som motsvarar afståndet mellan linserna.

Öfningarna 1 a og 1 b skulle troligen lätt kunna utföras med hela objektivet och med dess hälft samt därigenom göras väl så instruktiva, äfven genom inblicken i objektivets konstruktion.

Emellertid torde den metod för bestämning af brännvidden, som där angifves, ej alltid vara möjlig. För at öka intresset hos eleverna är det lämpligt att, om de äga egna kameror, låta dem medföra dessa och utföra bestämningarna å dessas objektiv. Utdraget räcker då ej alltid till. En i detta afseende mindre fordrande metod, hvilken bygger på två inställningar af ett föremål af bekant storlek och bestämmande af förstöringsgraden, finnes af mig framställd i Nord. Tidsskr. f. fotografi. 1917, sid. 10; en liknande metod, byggd på grafisk konstruktion, är gifven af H. Bäckström i samma tidskrift, 1919.

Angående öfningen 1 b skulle den med fördel kunna kompletteras så, att de belysta spalterna behölles på lika afstånd från hvarandra, och man med olika brännvidder inställde den närmaste af dem i samma storlek. Förhållandet mellan spalternas längder skulle då gifva skilnaden i perspektiv mellan objektiv af längre och kortare brännvidd.

Öfning 2 behandlar objektivens verksamma öppning, hvilken bestämmes genom belysning från visirskifvan och afläsning på skala. Man kan ju äfven fotografiskt fasthålla denna på ett stycke framkallningspapper eller, än enklare, med ögat på visirskifvans plats afläsa en skala, fäst framför objektivet.

Måhända än enklare är en metod — angifven af Hartmann i Eder's Jahrbuch 1904 — enligt hvilken man med ett mikroskop eller annan, förskjutbar diopteranordning direkt inställer på bländarens kanter dels med, dels utan den framför denna liggande delen af objektivet. Man erhåller så äfven förhållandet mellan verksam och verklig bländareöppning, hvilken för skilda objektivtyper kan vara ganska olika, och hvilken, som Hartmann visar, kan vara af stort intresse. För enklare mätningar kan ju dioptern ställas fast och objektivet läggas på ett utmed en skala förskjutbart bord, belyst underifrån genom hvit kartong.

Digitized by Google

I sammanhang härmed tages i öfn. 2 a och 2 b djupskärpan under behandling. Något missvisande torde här uttrycket å sid. 17 vara, att djupskärpan skulle kunna ligga annorlunda i rummet än beräknadt. Bortsedt från bristande akromatisering — hvilken ej torde förekomma vid objektiv, afsedda för kameror med inställning — torde saken böra uttryckas så, att djupskärpan väl har sitt riktiga läge i rummet, men felaktigheter i kamerans byggnad vilseleda vid användningen. 2 b är således snarare att rubricera som en undersökning af kamera och kasetter än af objektivet.

Så följa undersökningar af linsernas centrering och af ljusfläckar. Väl behöfligt — som jag nyss haft tillfälle att se — är påpekandet af att alla objektiv under svåra förhållanden måste visa sådana fläckar, liksom att man för att få fram de verkliga, inre reflexerna måste täcka bilden af ljuskällan på mattskifvan eller plåten.

I öfning 5 — angående felteckning — kunde med ett enklare objektiv lätt både tunnformig och kuddformig afbildning framställas genom användande af baklinsen resp. framlinsen. Öfningen blir då sammanhållen med bestämmandet af sambandet mellan brännvidd och kamerautdrag.

Öfningarna 6 och 7 behandla det användbara bildfältets storlek och kvalitet, i afseende på ljusstyrka, och bildskärpa, samt utföras okulärt. Man kunde äfven utföra dem på rent fotografisk väg — hvilket synes mera tilltalande i fotografiska laborationer — genom objektivets montering å en större kamera och ett passande föremåls afbildande. Som sådant lämplig vore en större, hvit yta, på hvilken längs olika diametrar och på bestämda vinkelafstånd från centrum skriftprofven vore fästa — hvarje stilstorlek på sin diameter. Ett negativ häraf, betraktadt på rätta sättet — enklast kanske insatt i kameran å mattskifvans plats och betraktadt genom dess objektiv med samma inställning som vid upptagningen, eller ock med lup — borde ge en god öfversikt af förhållandena.

Bildvinkeln erhålles på detta sätt direkt, utan någon beräkning.

Vignetteringen kunde här kvantitativt uppskattas genom att å plåten inkopiera en gråkil af känd absorption, med hvilkens bild fältet mellan diametrarna kunna jämföras.

I öfningarna 8 och 9 behandlas nu objektivfelen. Om dessas

Digitized by Google

framställning gå ju åsikterna rätt mycket isär. Enklast synes mig de här medtagna felen kunna sammanföras så, att man utgår från det smala, axiala knippe, för hvilket den geometriska optikens lagar gälla. Med detta kan dock ej någon afbildning realiseras; knippets diameter måste utvidgas; då införes den sferiska aberrationen.

En annan möjlighet är, att detta elementarknippe infaller i någon viss vinkel mot optiska axeln; därvid införas de astigmatiska felen. Om äfven detta sneda knippe utvidgas, införes sferisk aberration i sneda knippen; detta är koma, och förefinnes ej blott i det optiska hufvudsnittet, utan äfven ⊥ däremot, ehuru den där på grund af sin symmetri mindre skadar bilden.

Den sfäriske aberrationen plägar man ju, liksom den astigmatiska, framställa grafiskt. I sådant fall har man ju skäl att tillämpa den allmänt antagna v. Rohr'ska skalan — se t. ex. Harting, Optisches Hilfsbuch, sid. 57 och 67.

Sedan äfven de kromatiska felen behandlats — här kunde vara af intresse att upprepa inställningsserien med ortokromatiska plåtar och färgfiltra — öfvergår förf. till undersökning af slutare.

Glädjande är att finna verkningsfaktorn där upptagen — men dess bestämmande synes ganska kinkigt, då enligt förf.s metod, komplikationer införas dels genom att intensitets- och tidsskalor jämföras, dels genom att intermittent belysning användes. Måhända spela dessa afvikelser föga roll jämförda med slutarens ojämheter — men de äro dock ej obetydliga.

Rätt svårt torde ock vara att efter pendel utan större procentiska fel kunna exponera 1 och 2 sekunder.

Härpå följer den tredje hufvudafdelningen: undersökning af det ljuskänsliga materialet. Förf. tager här, som förut framhållits, afstånd från alla tidsskalor och väljer intensitetsskalan, åstadkommen genom absorption i gråkil. Någon motivering för detta hade dock varit önskvärd — lämpligen gifvan i form af en redogörelse för Schwarzschilds lag. Man må hafva hvilka åsikter som hälst om orsaken till dessa afvikelser från reciprocitetslagen — att de finnas där, och att de kunna uppgå till betydande belopp är ofrånkomligt. Plåtarnas förhållande i detta afseende är äfven så pass lätt undersökt, att det förtjänat medtagas, då deras lämplighet för långa exponeringar med svag belysning i hög grad be-

Digitized by Google

tingas häraf. Man behöfver blott gifva en plåt några olika långa belysningar bakom en kalibrerad gråkil för att erhålla goda värden*).

Med en intensitetskil af logaritmiskt växande absorption framställes så en svärtningsskala, hvilken uppdelas i de vanliga tre delarna för under-, normal- och öfverexposition. Uttalandet om normalexponeringen, att den ger en fullständigt rätlinig del af kurvan torde doch vara en sanning med modifikation. Svärtningskurvan är kontinuerligt krökt och har en inflexionspunkt; i närheten af denna kan krökningen vara mycket svag. Med någorlunda noggrant arbete kan man anse denna del som rätlinig för intermittenta skalor, grundligt framkallade: ju kortare framkallning, desto tydligare jämn krökning; kontinuerliga tidsskalar äro starkast krökta, intensitetsskalor intaga en mellanställning.

Resultatet af detta blir att bestämningen af Hurter & Driffieldtalen måste vara mycket vansklig, då den räta linjen än lägges som tangent i inflexionspunkten, än så, att den skär kurvan i tre punkter och så långt som möjligt ansluter sig därtill. Åtskilliga strider om dessa konstanter torde bero härpå.

Det å sid. 43 gifna exemplet på en automatiskt erhållen svärtningskurva visar äfven tydligt kontinuerlig krökning.

Än större värde skulle dessa undersökningar få, om de kunde ske med dagsljus. Detta är ju ej möjligt på grund af dess ojämna beskaffenhet, men man kan använda en ljuskälla som i mesta möjliga grad närmar sig därtill. Med »normalljuset« går detta ej, lika litet som med Hefnerlampan. Ej heller att rekommendera i ett mörkrum är det annars goda acetylenljuset. Mycket bekväma och på samma gång konstanta äro däremot gasfyllda glödlampor för låg spänning, hvilka äfven inom den egentliga fysiken förtjänade att användas. Man kan få dem för spänningar upp till 10 volt eller mera med olika ljusstyrkor; effekten är god, och den ytterst ringa utsträckningen hos lyskroppen — några millimeter långa spiraler, liggande i ett plan — gör att intensiteten mycket exakt ändras med afståndets kvadrat.

Med dessa, och ett lämpligt färgfiltrum kan man fixera en sorts normaldagsljus, svarande mot lämplig solhöjd etc. De äro

*) Nord. Tidskr. f. fotogr. 1918: 65, 97; Zs. wiss. Phot. bd. 18.

Digitized by Google

åfven — med starkare selektiva filtra — mycket lämpliga för undersökningar af färgkänslighet.

Här har ju alltid striden stått mellan två metoder: att använda mer eller mindre väl spektralt sönderdeladt ljus, eller att afbilda färgtaflor.

Strängt taget, besvara ej dessa arbetssätt samma frågor. Vill man veta, för hvilka våglängder plåten är känslig, får man svar blott af den förra metoden; den senare åter säger oss huru plåten afbilder just de färger taflan upptager. Som förf. sid. 48 framhåller, tillkommer här det från föremålets yta diffust reflekterade hvita ljuset. Å ena sidan är ju detta ett faktum, till hvilket hänsyn måste tagas; å den andra är det ej säkert att lika mycket reflekteras från t. ex. olika röda färger.

Riktigt är därför att taga båda metoderna till hjälp — men mindre lämpligt synes mig att taga spektret med en annan ljuskälla än färgtaflan, rikare på gula strålar, och därtill med prisma. De långa våglängderna sammanträngas härvid så starkt, att plåten visar en skenbar, allt för stor känslighet för dem. Bättre är att använda gitter — det finnes billiga och fullt användbara gitterkopior — samt en ljuskälla med hvitaste möjliga ljus — gärna, som förut framhållits, med något lämpligt kompensationsfiltrum.

En intressant variant af färgtafle-försöken är användningen af gulkilen; mycket välkommen äfven handledningen att gjuta en gulskifva.

Efter detta följa ett par öfningar angående ljusgårdsbildning — en viktig, men oftast försummad fråga som här med nya försök belyses. Af stort instruktivt värde är försöket 14 a.

Dock synes mig domen öfver flerskiktsplåtar något sträng — om äfven Sandell-plåtarna t. ex. voro rätt långsamma att arbeta med, gåfvo de ett mycket effektivt skydd mot ljusgård. Films hafva reflexionsljusgården af mycket liten diameter, men desto intensivare — den kan där behandlas som sammanfallande med diffusionsljusgården och afsevärdt förstärkande den, hvarför detaljer i hvitt lätt utplånas.

Ljusgården genom diffusion i skiktet kan lätt studeras genom att man exempelvis på Isolarplåtar eller papper inkopierar en smal gråkil. Då erhålles en kraftig, klubbliknande utvidgning på bredden, som lätt kan mätas och ställas i samband med belysningens intensitet.

Digitized by Google

Sedan nu plåtens egenskaper äro diskuterade, öfvergår förf. till dess behandling, och genomgår verkningarna af framkallarens variation, ett mycket försummadt, men intressant område. Att, som därvid sker, framkalla i reagensglas är bra, emedan framkallaren föga oxideras, men fordrar egentligen anordningar för att hålla den i rörelse — öfverensstämmelsen med vanligt arbete uppnås annars ej så väl.

Här kunna resultaten lätt uttryckas i siffror och kurvor genom att samtidigt kopiera negativen och med en smal jämförelsestrimma därå uppsöka punkter af lika svärtning. Kopierar man med växande tider eller hellre intensiteter, får man ur afstånden mellan de olika inställningarna en god bild af gradationen.

Samma metod kan med fördel användas äfven i öfning 16. Här, liksom på öfriga håll, är det ett nöje att följa författarens sifferexempel som gifva en klar bild af förloppet.

Då förf. sedan öfvergår till undersökningen af positivmaterialet, upptager han en hittills mycket försummad fråga. Endast få hafva sysselsatt sig med denna, och dessa ofta föga rationellt. Hans påpekande af gränserna för papperets svärtning är af stort intresse; likaså hans mätning däraf. Äfven här vore det dock af värde att få den Schwarzschildska konstanten ϑ införd i arbetet — den har för hårdarbetande gasljuspapper mycket låga värden, lägre än de som hittills erhållits för andra materialier.

Inom måttliga gränser är det resultat äfven riktigt, till hvilket öfning 17 a för; men om man använder mera skilda intensiteter, erhålles olika gradation hos kopian, beroende på att mer eller mindre af det från negativets korn diffust reflekterade ljuset kommer att påverka kopieringen, jämte det direkt verkande — ett förhållande som äfven betingas af konstanten ϑ.

Sist tager förf. upp frågan om huru kopior böra betraktas. Ett godt exempel härpå fås genom att med en liten kamera — $4^1/_2 \times 6$ t. ex. — taga ett af de vanliga skämtnegativen — vännens framräckta hand, de jättelika fötterna e. dyl. — och sedan betrakta denna med kamerans objektiv som lup, då den synes helt normal.

Orsaken härtill torde måhända ligga i ännu en faktor utom de här framhållna, som bestämma vår uppfattning af föremålens läge och därmed perspektivet, nämligen ögats rörelse. Vi uppfatta ju ej som objektivet, på en gång en större bildvinkel, utan inställa

Digitized by Google

successivt föremålens olika punkter genom ögats vridning kring en i dess inre belägen punkt. Betrakta vi en kopia på för stort eller för litet afstånd, komma förhållandena mellan de vridningsvinklar, som betingas af olika föremåls bildstorlek, ej att svara mot verkligheten; se vi åter bilden genom objektivet som lup, naturligtvis rätt inställd, blifva rörelsevinklarna desamma, vi ha intrycket att direkt se verkligheten.

* * *

Jag har nu i detalj genomgått detta arbete, det första i sitt slag. Det har varit ett stort nöje att grundligt sätta sig in däri; efteråt är det nog så lätt att framställa önskemål och kritisera, men den som sett huru arbetet på detta område skötes, förstår väl hvilka svårigheter som legat bakom samlandet af och urvalet bland försöken.

Prof. Winthers bok — för att använda recensionens vanliga uttryck — »fyller ett länge kändt behof« och gör det väl; den förtjänar stor spridning och att användas, ej blott i laboratorier, utan af alla som vilja vinna verkliga kunskaper i fotografi. Ej minst tänker jag då på fackfotografernas utbildning.

Men utom det rent fotografiska området borde en stor del af dess försök äfven med fördel kunna genomgås vid läroverkens undervisning i fysik och kemi.

Barnängens fotokem. laboratorium, Decbr. 1919.

Arvid Odencrants.

E. Trepka Bloch: Beweis dass der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie nur beschränkte Gültigkeit hat. 105 Sider. Lehmann & Stages Forlag, P. Haase, København, 1918. Pris h. 6 Kr.

Formaalet med denne Bog er at overbevise Læseren om, at den sædvanlige Maade hvorpaa Varmeteoriens anden Hovedsætning defineres (Clausius, Kelvin, Helmholtz) er urigtig, saaledes at Umuligheden af et saakaldt Perpetuum mobile af anden Art ikke mere kan opretholdes. I Indledningen meddeler Forfatteren, at han i sin Tid var

Digitized by Google

bleven ført til dette Resultat gennem Betragtninger af naturvidenskabelig og filosofisk Karakter, og at han allerede i 1906 vidste, hvorledes den anden Hovedsætning da rigtigt skulde formuleres, og hvorvidt Resultaterne, som var udledet af den i dens klassiske Form, bibeholdt deres Gyldighed. Tiltrods for Sagens fundamentale Betydning har Forf. dog ventet med at offentliggøre sine Resultater, til han var i Besiddelse af et exakt Bevis for disse. Efter flere mislykkede Forsøg mener han nu at have fundet et saadant, eller rettere sagt flere saadanne, thi i foreliggende Bog gør han os bekendt med to ifølge hans Mening exakte Beviser. Endvidere foreligger der et »simplificeret Bevis«, paa 10 Sider Tryk, som kan sættes i Stedet for Bogens andet Bevis, og som er væsentligt enklere og mere overskueligt end dette. Bevisernes Karakter er følgende. Forfatteren tænker sig med nærmere definerede termodynamiske Systemer udført visse Kredsprocesser, som oftest reversible, ved hvilke det efter hans Mening kan paavises, at det kendte Clausius'ske Integral $\int \frac{dQ}{T}$ (hvori dQ er den ved hvert uendelig lille Skridt af Processen udefra tilførte Varme, og T Systemets absolutte Temperatur) ikke er ≤ 0, men > 0; men dette betyder som bekendt netop Muligheden af et Perpetuum mobile af anden Art.

For at forebygge Misforstaaelser skal det allerede her bemærkes, at de omtalte Processer alle er »makroskopiske«, saaledes at vi til enhver Tid har at gøre med en paa den sædvanlige Maade defineret Temperatur, og at der skarpt kan skelnes mellem Varmetilførsel og udført Arbejde. Forfatterens Indvendinger mod Varmeteoriens anden Hovedsætning har saaledes ikke noget at gøre med Varmebegrebets statistiske Opfattelse, og de af ham betragtede Processer har ikke noget Slægtskab med de »mikroskopiske«, molekylære Processer af den Slags, som Maxwell tænkte udført af sine Dæmoner, og ved hvilke Entropien af et isoleret System kunde formindskes. At Forfatteren dog er kommet ind paa at tale om sandsynlighedsteoretiske og statistiske Betragtninger i Forbindelse med Bogens andet Bevis, beror aabenbart paa et Ukendskab til saadanne Betragtninger, saaledes som vi nedenfor faar Lejlighed til at omtale.

Hvis der nu bliver spurgt om en kritisk Vurdering af Bogen, maa det først og fremmest siges, at hele dens Tankegang og Stil og Ret-

Digitized by Google

ningen, i hvilken Bevisførelsen søges gennemført, røber en fuldstændig Mangel paa dybere Forstaaelse af de klassiske Betragtninger af Carnot, Clausius og andre, som ligger til Grund for Termodynamikkens anden Hovedsætning og for Entropi-Begrebets Opstilling. De forskellige Udgangspunkter og Grundtanker for Beviserne er nemlig saadanne, at de aldrig nogensinde kunde føre til et Bevis, selv om den anden Hovedsætning var urigtig. Det er da heller ikke vanskeligt i ethvert af dem at sætte Fingeren paa det Sted, hvor Forfatteren drager en Fejlslutning, og denne viser sig i hvert enkelt Tilfælde at bero paa elementære, logiske Fejltagelser*); men for at klargøre Bevisernes fuldstændige Uholdbarhed er det absolut overflødigt at paavise disse.

I det første Bevis betragtes der en Damp, som i en vis Del af Processen nok har samme Tryk og Temperatur som sin Vædske, men som ikke er i sædvanlig termisk Ligevægt dermed, idet den er overmættet og adskilt fra Vædsken ved en Skillevæg. Dampens Molekyler tænkes delvis at være associeret til større Molekyler, paa saadan Maade at Associationsgraden ændrer sig med Temperaturen, og Forfatteren antager Muligheden af, at en Sammentrykning af Dampen kan ske med saadan Hurtighed, at Associationsgraden ikke er lig med den, som der skulde være i Tilfælde af Ligevægt. I det andet Bevis er der to Cylindre med Damp og Vædske, som heldigvis denne

*) Saaledes gaar første Bevis til syvende og sidst ud paa, at $\int_{T'}^{T_0} \frac{T_0 - T}{T} c' dT$ maa være større end $\int_{T''}^{T_0} \frac{T_0 - T}{T} c'' dT$, naar man ved, at c' er større end c''. (Side 60, Linie 22—28 ovenfra). Forf. tager intet Hensyn til, at de nedre Grænser T' og T'' kan og maa være forskellige.

For andet Bevis' Vedkommende er det, som det vil fremgaa af det nedenfor omtalte, i og for sig overflødigt at søge at paapege den direkte Fejl. For at vise, at en vis Brøk kan være < 1, deler Forf. denne i to Faktorer og viser, at den anden af disse kan blive meget lille (Side 77, Formel (6)). Ifølge sin Definition bliver den første Faktor imidlertid meget stor, naar den anden bliver meget lille, en Omstændighed som Forf. ikke lægger Mærke til.

I det simplificerede Bevis paastaar Forf., at det vilde følge af den anden Hovedsætning, at to Produkter af Differentialer $\triangle V \triangle p$ og $\triangle V' \triangle p$ er lige store, medens dens rigtige Anvendelse giver $(V_0 - V) \triangle p = (V'_0 - V') \triangle p'$ (Side 9, Linie 9—12 ovenfra).

Digitized by Google

Gang staar i sædvanlig Ligevægt med hinanden, men som til Gengæld er forbundne med et indviklet Apparat bestaaende af en Metalstang, en Spiralfjeder, en Løftestang og en lille Vogn paa Skinner. At Forfatteren mangler Forudsætninger til videnskabeligt at behandle de Problemer, han interesserer sig for, viser sig straks i den komisk indviklede Karakter af de til »Beviserne« benyttede Kredsprocesser. Hvis der virkelig var nogen Mening i disse Beviser, burde de ogsaa kunne kondenseres til langt enklere Former; havde Forfatteren haft Evner dertid, vilde imidlertid deres Meningsløshed have vist sig med det samme. Dette kan kortest paavises for det andet Bevis, hvor Forfatteren betragter et Antal Legemer (Indholdet af de to Cylindre og Metalstangen), som alle har samme Temperatur, og som hver for sig tænkes at opfylde den Clausius'ske Betingelse $\int dQ/T = 0$ for en reversibel Kredsproces. Forf. tænker sig nu, at de tre tilsammen udfører en reversibel Kredsproces, og »beviser«, at Summen af de tre Integraler $\int dQ/T$, som hver for sig antages at være lig Nul, ikke er lig med Nul. Forf. gør selv opmærksom paa den overraskende Karakter af Resultatet af dette Regnestykke, men siger, at det hidrører fra, at Varmebegrebet skal opfattes statistisk! Man kunde lige saa godt, dersom Resultatet af en Regning gav $2 \times 2 = 3$, som Forklaring henvise til Pengenes synkende Valuta.

Beviserne fylder Bogens andet Afsnit (Side 58—83). Første Afsnit indeholder Betragtninger over visse Kredsprocesser med en Damp og dens Vædske, hvilke for største Del er Beviserne ganske uvedkommende og ikke kan have Interesse for Læseren, skønt de nok kan have været nyttige for at klare Forfatterens egne Tanker.

Tredie og sidste Afsnit, hvori efter Forfatterens Mening anden Hovedsætnings Gyldighedsomraade fastlægges, vidner, ligesom Resten af Bogen, om manglende Forstaaelse af det Grundlag, hvorpaa Varmeteorien er bygget.

Det sørgelige ved foreliggende Bog er ikke, at Forfatteren har tænkt alt, hvad der staar i den — thi hvem kommer til Klarhed over sine Problemer uden at snuble undervejs — men ligger snarere i, at han har manglet den Kritik, som skulde til for at forhindre dens Offentliggørelse.

H. A. Kramers.

Digitized by Google

E. Grimsehl: Lehrbuch der Physik zum Gebrauche beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. I 2 Bind. 1ste Bind Mekanik, Varmelære, Akustik og Optik. 4de forøgede og forbedrede Oplag udgivet af W. Hillers under Medvirkning af H. Starke. B. G. Teubner, Leipzig og Berlin 1920. 1011 Sider, 1049 Figurer i Teksten, 10 Figurer paa 2 farvede Tavler og et Titelbillede (af Grimsehl). Pris indb. 18 Mk.

De tidligere Udgaver af denne udmærkede Lærebog er udførligt anmeldte her i Tidsskriftet (se 9. Aarg. S. 281, 12. Aarg. S. 32, 15. Aarg. S. 172). Her skal derfor blot omtales de Ændringer, der er foretaget i den nye Udgave. De Afsnit, i hvilke i de tidligere Udgaver Elementerne af Differential- og Integralregningen blev behandlede, er blevet indskrænkede og tildels helt udeladte ud fra den Betragtning, at Kendskabet hertil i Alm. kan forudsættes, og at det i ethvert Fald bedre erhverves ved Brugen af en af de mange elementære Vejledninger i Differential- og Integralregning. Der er derved vundet Plads til de mange Tilføjelser rundt om i Bogen, hvorved Fremstillingen er holdt paa Højde med Tiden. Af saadanne Tilføjelser skal fremhæves de af Prof. Starke skrevne Afsnit om Boltzmanns Tydning af Varmeteoriens anden Hovedsætning som en Sandsynlighedssætning og om Energikvantehypotesen, hvori der gives en Udledelse af Planck's Straalingslov. Endvidere er Tabellerne bag i Bogen reviderede og tildels forøgede. Den nye Udgave fortsætter saaledes Traditionen fra de tidligere Udgaver, at give en fra Grunden af opbygget let tilgængelig Fremstilling af den moderne Fysik.

E. S. J.

Digitized by Google

QC1
F99
v.18

1919—1920 Nr. 1

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN

RIBE

LIBRARY
OHIO STATE
UNIVERSITY

18DE AARGANG. 1919—1920

KJØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1919

Digitized by Google

Nyheder fra Udlandets Litteratur.

Bachmann, Paul: Das Fermatproblem in sein. bisher. Entwicklung, Berlin . . . . ca. M. 12. - + 50 % T. Z.

Fierz, H. E., Prof.: Grundlegende Operationen der Farbenchemie. Mit 45 Abb. auf 19 Tafeln und im Text (XI, 323 S.) gr. 8°, Zürich, ... Hlwbd. M. 25.— + T. Z.

Fischer, Emil: Untersuchungen üb. Depside u. Gerbstoffe, Berlin . . . . ca. M. 30.—; geb. M. 35.—

Hofmann, Karl A., Prof., Gh. Reg. R.: Lehrbuch der anorgan. Chemie, 2. Aufl. mit 122 Abb. u. 7 farb. Spektraltafeln, (XX, 744 S.), gr. 8°, Braunschweig 1919, . . M. 21.—; geb. M. 25,60

König's Chemie d. menschl. Nahrungs u. Genussmitteln. Bd. I: Nachtrag; A: Zusammensetzung d. Tier. Nahrungs u. Genussmitteln. Bearb. von Dr. Grossfeld, Splittgerber, W. Sutthoff, (VIII, 594 S.) gr. 8°. Berlin . . . . Hlwbd. M. 40.—

Kuenen, J. P., Prof.: Die Eigenschaften d. Gase, kinet Theorie, Zustandsgleichung (VIII, 548 S.) mit Fig.; 3 Bd. M. 50.—; ib. M 56.—

Rusch, Fr., Stud. Rat: Beobachtung d. Himmels mit einfachen Instrumenten, 2 Aufl., mit 6 Abb. (II, 51 S.) 14. Bd. d. mathem. physikal. Bibliotek . . . . M. 1.— + 100 % T. Z.

Schaefer, C., Prof., Dr.: Die Principe d. Dynamik, mit 6 Fig. im Text (IV, 76 S.) gr. 8°. Berlin . . . . M. 8.50

Weinland, R., Prof., Dr.: Einführ. in die Chemie d. Komplexverbindungen in elementaren Darstellung, mit 39 Textabb. (XVI, 441 S.) Lex. 8°, Stuttgart . . . . M. 36.—

Zsigmondy, Rich.: Zur Erkenntnis der Kolloide. Über irreversible Hydrosole u. Ultramikroskopie, mit 6 Textfig. und 4 Tafeln, Unveränd. anastas. Neudr. d. Ausg. von 1905 (V, 186 S.) gr. 8°, Jena . . . . M. 10.—

JUL. GJELLERUPS BOGHANDEL

Sølvgade 87. Telf. 3505 og 4592.

Bøger indsendt til Redaktionen.

H. O. G. Ellinger: Kortfattet Fremstilling af Lysets Interferens, Polarisation og Dobbeltbrydning. 2. Udgave. København 1919, G. B. N. F. Pris h. 2,25 Kr.

Paul Frederiksen: Kemisk Analyse til Brug for det matematiske Gymnasium. København 1919, G. B. N. F. Pris h. 85 Øre.

Jul. Hartmann: Elementær Regneteknik (Almindelig Maaleteknik II, 1.). København 1919, Gjellerup. Pris h. 3 Kr.

Jul. Hartmann: Elementær Iagttagelseslære (Almindelig Maaleteknik II, 2). København 1919, Gjellerup. Pris h. 3,50 Kr.

R. Hennig: Unser Wetter. 2. Oplag. (Aus N. u. G. Bd. 349). Leipzig 1919, Teubner. Pris h. 1,60 Mk.

Digitized by Google

1919—1920 Nr. 2—3

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN
RIBE

LIBRARY
OHIO STATE
UNIVERSITY

18DE AARGANG. 1919—1920

KJØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP
TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)
1920

Digitized by Google

Nyheder fra Udlandets Litteratur.

Bachmann, Prof. **D. P.:** Das Fermatproblem in seine bisherige Entwichlung dargestellt. (VIII. 160 S. gr. 8⁰) 1919 M. 12.—

Bauer, Dr. **H.:** Kugelsymmetr. Lösungssysteme d. Einsteinschen Feldgleichungen d. Gravitation f. e. ruhigen gravit. Flüssigkeit m. linearen Zustandsgleichung . . . . M. 5.50

Dingler, Dr. **H.:** Die Grundlagen d. Physik, synth. Prinzipien d. mathem. Naturphilosophie, 1919 . . . . . Mk. 11.— + 25 % T. Z.

Föppl, Prof. **A.** u. **Ludv. Föppl,** Dr.: Drang und Zwang, Eine höhere Festigkeitslehre für Ingenieure. Bd. I. (328 S. 59 Abb. gr. 8⁰) . . . . ib. M. 32.—

Fortschritte, Die, der Physik im Jahre 1918, dargest. von d. deut. physik. Gesellschaft. I. Abt.: Allgm. Physik, Akustik, physikal. Chemie. Red. v. K. Scheel, 1919 . . . . . . ca. M. 24.—

Graetz, Prof. Dr. **Leo:** Die Atomtheorie in ihren neuesten Entwicklung. 6 Vorträge (m. 30 Abb. VIII. 92 S.) gr. 8⁰ 1920 M. 3.50

Landau, Prof. Dr. **E.:** Naturwissenschaft und Lebensauffassung. Sozialanthropol. Betrachtungen (106 S. gr. 8⁰) 1919 M. 6.—

Perrin, Prof. **J.:** Die Atome, deutsch. Ausg. v. Prof. Dr. A. Lottermoser (196 S. gr. 8⁰) 1920 . . . . M. 9.—

Reinboth, Ing. **Fr.:** Gehaltsbestimmung galv. Bäder mit Abb. & Tab. im Text u. Anh. (VII. 131 S.) 1919 . . . . M. 15.—

Ubbelohe u. **Goldschmidt:** Handbuch d. Chemie u. Technologie d. Öle u. Fette. Bd. II (881 S.) 1920 . . . . M. 120.—

JUL. GJELLERUPS BOGHANDEL

Sølvgade 87. Telf. 3505 og 4592.

Bøger indsendt til Redaktionen.

Geiger u. Makower: Messmethoden auf dem Gebiete der Radioaktivität. (Die Wissenschaft, Bd. 65). Braunschweig 1920, Vieweg. Pris indb. 10 Mk.

Grimsehl: Lehrbuch der Physik zum Gebrauche beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. Bd. I: Mechanik, Wärmelehre, Akustik und Optik. 4. Aufl. von Hillers und Starke. Leipzig 1919, Teubner. Pris indb. 18 Mk.

Helge Holst: Vort fysiske Verdensbillede og Einsteins Relativitetsteori. København 1920, G. B. N. F. Pris h. 4,75 Kr.

Kohlrausch: Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. 3 Aufl. von Scholl. Leipzig 1919, Teubner. Pris indb. 10 Mk.

Lecher: Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. Leipzig 1919, Teubner. 12 Mk.

Digitized by Google

1919—1920 Nr. 4—5

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN

RIBE

LIBRARY
OHIO STATE
UNIVERSITY

18DE AARGANG. 1919—1920

KJØBENHVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & Co. (IVAR JANTZEN)

1920

Digitized by Google

Nyheder fra Udlandets Litteratur.

Bachmann, Prof. **D. P.:** Das Fermatproblem in seine bisherige Entwichlung dargestellt. (VIII. 160 S. gr. 8°) 1919	M.	12.—
Beilstein: Handb. d. organ. Chemie. II Bd. 1920	M.	78.—
— — — — — ib.	M.	103.—
Bauer, Dr. **H.:** Kugelsymmetr. Lösungssysteme d. Einsteinschen Feldgleichungen d. Gravitation f. e. ruhigen gravit. Flüssigkeit m. linearen Zustandsgleichung	M.	5.50
Dingler, Dr. **H.:** Die Grundlagen d. Physik, synth. Prinzipien d. mathem. Naturphilosophie, 1919 . . . . . Mk. 11.— + 25 %		T. Z.
Dittmann, Dipl. Ing. **E.:** Berechnung elektrische Leitungsnetze	M.	10.—
Einstein, Alb., Aether & Relativitätstheorie. Berlin . . . ca.	M.	2.50
Föppl, Prof. **A.** u. **Ludv. Föppl,** Dr.: Drang und Zwang, Eine höhere Festigkeitslehre für Ingenieure. Bd. I. (Bd. II udkommer i Juli d. Aar) . . . . ib.	M.	32.—
Knauer: Hydromechanik od. Lehre v. Gleichgewicht od. v. d. Bewegung d. Wassers. 110 Abb. Lex. 8°	M.	15.—
Kolbe: Flüssige Luft . . . . ca.	M.	45.—
Reinboth, Ing. **Fr.:** Gehaltsbestimmung galv. Bäder mit Abb. & Tab. im Text u. Anh. (VII. 131 S.) 1919	M.	15.—
Ubbelohe u. **Goldschmidt:** Handbuch d. Chemie u. Technologie d. Öle u. Fette. Bd. II (881 S.) 1920	M.	120.—

JUL. GJELLERUPS BOGHANDEL

Sølvgade 87. Telf. 3505 og 4592.

Bøger indsendt til Redaktionen.

A. Angersbach: Das Relativitätsprinzip. (Math.-phys. Bibl. Bd. 39). Leipzig 1920, Teubner. Pris h. 1,40 Mk. + Tillæg.

G. Berndt: Physikalisches Wörterbuch. Leipzig 1920, Teubner. Pris indb. 5 Mk. + Tillæg.

Lorentz, Einstein, Minkowski: Das Relativitätsprinzip. Eine Sammlung von Abhandlungen mit Anmerkungen von A. Sommerfeld und Vorwort von O. Blumenthal. 3. forøgede Udgave. Leipzig 1920, Teubner. Pris h. 8 M. + Tillæg.

Digitized by Google

1919—1920 Nr. 6

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN

RIBE

LIBRARY
OHIO STATE
UNIVERSITY

18DE AARGANG. 1919—1920

KJØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1920

Digitized by Google

Nyheder fra Udlandets Litteratur.

Boltzmann, Ludv.: Vorles. üb. d. Prinzipe d. Mechanik III. Teil. Elastizitätstheorie u. Hydromechanik, hrsg. v. Prof. Dr. H. Buchholz, mit 70 Textfig. 1920. . . . . . . Mk. 18.— + 20% T. Z.
Born, Max.: Die Relativitätstheorie Einstein u. ihre physikal. Grundlagen. 1920.. . . . . ca. Mk. 30.—, ib. Mk. 38.—
Hahn, H.: Theorie d. reelen Funktionen. I. Bd. 1920 . . ca. Mk. 68.—
Handbuch der Radiologie, hrsg. v. Prof. Dr. E. Marx. Bd. I. Townsend, Prof. Die Ionisation d. Gase; Geitel Prof. Die Radioaktivität d. Erde u. d. Atmosphäre. Mit 166 Fig. u. Abb. im Text. 473 S. 1929 . . . . Mk. 72.— ib. Mk. 80.—
Möller, Dr. H. G.: Die Elektronenröhren u. ihre techn. Anwendungen mit 163 Textabb. u. 1 Taf. . . Mk. 10.— + 80% T. Z.
Reichenbach, H.: Die Bedeutung d. Relativitätstheorien f. d. physikal. Erkenntnisbegriff. 1920. . . . . ca. Mk. 10.—

JUL. GJELLERUPS BOGHANDEL

Sølvgade 87. Telf. 3505 og 4592.

Bøger indsendt til Redaktionen.

K. Fajans: Radioaktivität und die neueste Entwickelung der Lehre von den chemischen Elementen. (Sammlung Vieweg, Bd. 45.) Braunschweig 1920, Vieweg. Pris h. 4 Mk. + Tillæg.

R. Fürth: Schwankungserscheinungen in der Physik. (Sammlung Vieweg, Bd. 48). Braunschweig 1920, Vieweg. Pris h. 4,50 Mk. + Tillæg.

E. S. Johansen: Moderne Anskuelser om Elektricitet og Stof. København 1920, Gjellerup. Pris h. 12 Kr.

H. G. Møller: Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen. (Sammlung Vieweg, Bd. 49) Braunschweig 1920, Vieweg. Pris h. 10 Mk. + Tillæg.

A. Wehnelt: Das Handfertigkeitspraktikum. Braunschweig 1920, Vieweg. Pris h. 10 Mk., indb. 13 Mk. + Tillæg.

Digitized by Google

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN

RIBE

19DE AARGANG. 1920—1921

KJØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1921

Digitized by Google

Digitized by Google

INDHOLD.

Side

Bloch, E. Trepka, Læge, Lejre: I Anledning af Dr. phil. H. A. Kramers Anmeldelse af min Bog om den anden Hovedsætning 109
Bohr, N., Professor, Dr. phil.: Atomernes Bygning og Stoffernes fysiske og kemiske Egenskaber 153
Christiansen, L., Lektor, Ribe: Om Kemiundervisningen i Gymnasiet 94
— Se Anmeldelser.
Eriksen, J. K., Adjunkt, Aarhus: Nogle Forsøg over Vandbølger 220
— Se Anmeldelser.
Harding, M. C., Inspektør, cand. polyt.: H. C. Ørsteds Udenlandsrejser 34
Høffding, Harald, Professor, Dr. phil.: H. C. Ørsted og dansk Aandsliv 29
Jacobsen, J. P., Docent, Dr. phil.: Se Anmeldelser.
Jepsen, H., Seminarielærer, Silkeborg: Se Anmeldelser.
Johansen, E. S., Professor: Se Anmeldelser.
Juel, C., Professor, Dr. phil.: Se Anmeldelser.
Jørgensen, Povl, Lektor, Marselisborg: En Linses Brændvidde udtrykt ved Linsefladernes Radier 138
Jørgensen, Viggo, Adjunkt, Lyngby: Forsøg med Elektronrør 224
Knudsen, Martin, Professor, Dr. phil.: Tale om Hans Christian Ørsted 21
— Se Anmeldelser.
Kofoed, Johs., Lektor, Fredericia: Spektralforsøg med Lysbilledapparatet. Na-Linjen »vendes om« 134
Kramers, H. A., Dr. phil: Svar paa Hr. Trepka Blochs Indlæg 111
— Se Anmeldelser.
Marke, A. W., mag. sc.: Indtryk fra H. C. Ørsted-Udstillingen 65
Meyer, Kirstine, f. Bjerrum, Lektor, Dr. phil.: Tale ved H. C. Ørsted Mødet 1920 7
— Se Anmeldelser.
Nielsen, I. Rud, cand. mag.: Om sammenstød mellem atomer og langsomme elektroner 113
Olsen, Johs., cand. mag.: Se Anmeldelser.
Palitzsch, Sven, cand. polyt.: Bemærkning 231
Prytz, K., Professor: Ch. E. Guillaume. Nobelpristager i Fysik 1920.. 81
— Det trillende Tøndebaand 85
— Se Anmeldelser.
Rovsing, Th., Professor, Dr. med.: Indledningsord ved Universitetsfesten d. 1. September 1920 20
Tandberg, I. G., Amanuensis, Lund: Ett nyfunnet brev från H. C. Ørsted 131
Det nordiske H. C. Ørsted Møde i København 1920 1
1. nordiske Fysikermøde. Program med Autorreferater 46
Program for 1. nordiske Elektroteknikermøde 62
Program for 1. nordiske Kemikermøde 64
Fysik- og Kemilærerforeningen for Gymnasier og Seminarier 141

Digitized by Google

Side

Eksamensopgaver. 1. Del af polyteknisk Eksamen 1920. Fysik I og II 141
1. Del af polyteknisk Eksamen 1921. Fysik I og II 227
Studentereksamen i Maj—Juli 1920. Skriftlig Fysik for Privatister. Skriftlig Kemi 145
Studentereksamen i Maj—Juni 1921. Skriftlig Fysik for Privatister. Skriftlig Kemi 225

Fysik i Skolen.

Christiansen, L., Lektor, Ribe: Om Kemiundervisningen i Gymnasiet 94
Eriksen, J. K., Adjunkt, Aarhus: Nogle Forsøg over Vandbølger 220
Jørgensen, Povl, Lektor, Marselisborg: En Linses Brændvidde udtrykt ved Linsefladernes Radier 138
Jørgensen, Viggo, Adjunkt, Lyngby: Forsøg med Elektronrør 224
Kofoed, Johs., Lektor, Fredericia: Spektralforsøg med Lysbilledapparatet. Na-Linjen »vendes om« 134
Fysik- og Kemilærerforeningen for Gymnasier og Seminarier........ 141

Anmeldelser.

Born, Max: Dynamik der Kristalgitter. Anm. af Dr. phil. H. A. Kramers 108
Ekman, V. W.: Mekanik. Anm. af Professor, Dr. phil. C. Juel 106
Fajans, K.: Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. Anm. af cand. mag. Johs. Olsen .. 148
Grimsehl, E.: Lehrbuch der Physik. Bd. 2. Anm. af Prof. E. S. Johansen 232
Hahn, K.: Grundriss der Physik für höhere Lehranstalten und Fachschulen etc. Anm. af Lektor L. Christiansen, Ribe 234
Harding, M. C.: Correspondance de H. C. Ørsted avec divers savants, publiée par —. Anm. af Lektor, Dr. phil. Kirstine Meyer, f. Bjerrum 74
— Hans Christian Ørsted. Anm. af Lektor L. Christiansen, Ribe 78
Holst, Helge: H. C. Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen. Anm. af Lektor L. Christiansen, Ribe 78
Kohlrausch: Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. 3. Auflage. Anm. af Lektor L. Christiansen, Ribe 234
Larsen, Absalon: La découverte de l'electromagnetisme faite en 1820 par J.—C. Ørsted. Anm. af Professor K. Prytz 79
Lorentz, Einstein, Minkowski: Das Relativitätsprinzip. Anm. af Dr. phil. H. A. Kramers 147
Meyer, Kirstine, f. Bjerrum: H. C. Ørsted: Naturvidenskabelige Skrifter. Samlet Udgave med to Afhandlinger om hans Virke ved —. Anm. af Professor Dr. phil. Martin Knudsen 68
Prytz, K.: Læren om faste Legemers Bevægelse II. Anm. af Docent, Dr. phil. J. P. Jacobsen 149
Stensig, A.: Om Undervisningen i Naturlære. Metodisk Vejledning. Anm. af Seminarielærer H. Jepsen, Silkeborg 235
Vater, R.: Die Dampfmaschine I og II. Anm. af cand. mag. Johs. Olsen 149
— Technische Wärmelehre. Anm. af Adjunkt J. K. Eriksen, Aarhus 232
Meddelelse fra »Tables Annuelles de Constantes et Données Numeriques de Chemie, de Physique et de Technologie« 151

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Det nordiske H. C. Ørsted Møde i København 1920.

31. August — 3. September.

For paa værdig Maade at fejre Hundredaaret for HANS CHRISTIAN ØRSTEDS Opdagelse af Elektromagnetismen dannedes i Foraaret 1914 paa afdøde Geheimekonferensraad G. A. Hagemanns Initiativ en Ørsted-Komité. De nærmere Omstændigheder ved denne Komités Dannelse og de Forslag, som dens Forretningsudvalg enedes om, er omtalt i »Fysisk Tidsskrift«, 12. Aargang, S. 262, 1913—14. Imidlertid udbrød Verdenskrigen, og alle Forhandlinger vedrørende Sagen blev udskudte. Først i Foraaret 1917 samledes Forretningsudvalget paany for under Ledelse af Ingeniør Alexander Foss at søge Arbejdet genoptaget. Omstændighederne medførte, at flere af Punkterne i det oprindelige Program maatte falde bort, men man vedtog at søge afholdt et nordisk H. C. Ørsted Møde i København 1920. Dette Møde skulde formes dels som en Mindefest for Ørsted, dels som et tredelt Arbejdsmøde, nemlig:

1ste nordiske Elektroteknikermøde
1ste nordiske Fysikermøde,
1ste nordiske Kemikermøde,

idet man mente, at saadanne begrænsede Fagmøder ogsaa i Fremtiden kunde have deres Betydning ved Siden af de mere omfattende Naturforskermøder og Ingeniørkongresser.

Til Forberedelse af »H. C. Ørsted Mødet i 1920« nedsatte Dansk elektroteknisk Komité, Dansk Ingeniørforening, Den tekniske Forening, Elektroteknisk Forening, Selskabet for Naturlærens Udbre-

PHYSICS LIBRARY

Digitized by Google

delse, Fysisk Forening og Kemisk Forening paa Opfordring af Ørsted-Komiteens Forretningsudvalg et Organisationsudvalg, der var saaledes sammensat:

For Elektroteknikermødet: Fabrikant Aage Hassel,
Professor P. O. Pedersen, Formand,
Ingeniør Povl Vinding.

For Fysikermødet: Professor, Dr. Martin Knudsen, Formand,
Dr. phil., Fru Kirstine Meyer, f. Bjerrum,
Professor K. Prytz.

For Kemikermødet: Ingeniør Paul Bergsøe,
Professor, Dr. Einar Biilmann,
Professor, Dr. S. P. L. Sørensen, Formand.

Professor Martin Knudsen var det samlede Organisationsudvalgs Formand.

Hans Majestæt Kongen viste Mødet sin Bevaagenhed ved at overtage Protektoratet, og det samlede Organisationsudvalg valgte Direktør H. P. Prior til Mødets Præsident.

Til Mødets Generalsekretær valgtes Inspektør, cand. polyt. M. C. Harding, der til Bistand fik 3 Fagsekretærer, nemlig Professor A. K. Aubeck, Docent, Dr. H. M. Hansen og Assistent H. Baggesgaard Rasmussen.

De til Mødets Afholdelse nødvendige Pengemidler stilledes til Raadighed af private.

Indbydelser til Deltagelse i Mødet udsendtes i Juni 1920 til et saa stort Antal Fysikere, Kemikere og Elektroteknikere, som Pladsforholdene tillod, idet man overlod de paagældende videnskabelige og tekniske Foreninger og Selskaber i Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige at udpege, hvem der i første Linie maatte komme i Betragtning ved Indbydelsen.

Til at deltage som Gæster i Mødet indbødes foruden Repræsentanter for Statsmyndighederne og de kommunale Myndigheder Bidragyderne og alle nulevende Descendenter af H. C. Ørsted. Endvidere var Repræsentanter for Pressen indbudte.

Digitized by Google

Det samlede Antal af Mødedeltagere var 439 med 187 ledsagende Damer. Deltagerne fordelte sig saaledes efter Nationer i de tre Møder:

	Deltagere	Ledsagende Damer
Elektroteknikermødet	199	98
Deraf Danske	152	80
Finske	10	—
Norske	14	7
Svenske	23	11
Fysikermødet	87	29
Deraf Danske	53	18
Finske	2	1
Norske	7	3
Svenske	25	7
Kemikermødet	153	60
Deraf Danske	107	42
Finske	2	1
Norske	11	7
Svenske	33	10

Vi hidsætter Navnene paa de udenlandske Deltagere i Fysikermødet:

FINSKE:

Homén, Th., Professor, Helsingfors.
Melander, G., Professor, med Frue, Helsingfors.

NORSKE:

Bjerke, Bj., Professor, med Frue, Aas.
Bjerknes, V., Professor, med Frue, Bergen.
Glimme, K., Docent, Horten.
Isaachsen, D., Justerdirektør, Kristiania.
Sæland, Sem, Professor, Trondhjem.
Vegard, L., Professor, med Frue, Kristiania.
Wereide, Th., Docent, Kristiania.

SVENSKE:

Aurén, T. E., Lektor, Stockholm.
Benedicks, C., Professor, med Frue, Stockholm.

Digitized by Google

Bergengren, J., Lektor, Ystad.
Borelius, G., Docent, med Frue, Lund.
Bäckström, H., Fil. mag., Stockholm.
Ekman, V. W., Professor, Lund.
Granqvist, G., Professor, Uppsala.
Gunneson, F., Fil. mag., Lund.
Hogner, E., Civilingeniør, Uppsala.
Hulthén, E., Fil. mag., Lund.
Koch, John, Professor, med Frue, Göteborg.
Leide, A. G., Fil. lic., med Frue, Lund.
Lindh, A., Assistent, Lund.
Mebius, C. A., Professor, Göteborg.
Molin, K., Lektor, Örebro.
Odencrants, Arvid, Docent, Stockholm.
Ramstedt, Eva, Docent, Frk., Stockholm.
Rothstein, K., Amanuensis, med Frk. M. Artner, Lund.
Sandström, J. W., Byrådirektör, Stockholm.
Siegbahn, Manne, Professor, med Frue, Lund.
Sievert, R., Fil. kand., Stockholm.
Sjöström, M., Docent, Uppsala.
Stenquist, David, Fil. dr., med Frue, Stockholm.
Stensson, N., Amanuensis, Lund.
Tandberg, J., Amanuensis, Lund.

I det følgende bringes Referat af Fællesmøderne med uforkortede Gengivelser af Foredragene om H. C. Ørsted. Endvidere Programmer for Fagmøderne med kortfattede Autorreferater af Foredragene paa Fysikermødet. For de ledsagende Damer var der af en særlig Damekomité arrangeret Besøg i Glyptoteket, paa Rosenborg Slot og paa den kgl. Porcelænsfabrik.

Paa Aabningsmødet paa Københavns Raadhus Tirsdag den 31. August, Kl. 2, bragte Præsidenten, Direktør H. P. Prior, en Velkomsthilsen med en kort Oversigt over Mødets Tilblivelseshistorie. Den besvaredes af Professor Svante Arrhenius, Stockholm, Professor V. Bjerknes, Bergen, og Professor G. Komppa, Helsingfors. Derefter holdt Dr. phil., Fru K. Meyer Festtalen, som

Digitized by Google

vi bringer nedenfor. Sluttelig vedtoges det paa Præsidentens Forslag at afsende en telegrafisk Hilsen til Ingeniør Alexander Foss, der ved Sygdom var forhindret i at deltage i Mødet.

Om Aftenen var Fysisk Forening Vært for Deltagerne i Fysikermødet ved en Middag i Paladsteatrets Restaurant, medens Kemisk Forening havde indbudt Deltagerne i Kemikermødet og de tekniske Foreninger havde indbudt Deltagerne i Elektroteknikermødet. Ved Fysisk Forenings Middag, der talte ca. 120 Deltagere, bød Formanden, Professor K. Prytz Velkommen; hans Tale besvaredes af Professor G. Granqvist, Uppsala, Professor Sem Sæland, Trondhjem, og Professor Th. Homén, Helsingfors, hvorefter der holdtes endnu en Række Taler. Ved alle Foreningssammenkomster blev der sunget Sange af Thøger Larsen og Kai Hoffmann.

Onsdag Formiddag d. 1. September paabegyndtes Fagmøderne. Kl. 2 afholdtes Universitetets Fest i Anledning af Hundredaaret for Elektromagnetismens Opdagelse. Til denne Fest, som overværedes af Hans Majestæt Kongen, havde trods de indskrænkede Pladsforhold største Delen af Mødets Deltagere kunnet indbydes. Vi bringer nedenfor alle tre Festaler. Efter Rektors Indledningsord sang Studentersangforeningen »Hellige Flamme« af J. L. Heibergs Kantate fra 1839. Efter Professor Martin Knudsens Tale blev sunget den Sang af Carl Ploug, som Studenterne sang ved H. C. Ørsteds Halvtredsindstyve-Aars Lærerjubilæum 1850, og endelig efter Professor Harald Høffdings Tale den Sang af Carsten Hauch, som Studenterne sang ved Ørsteds Bisættelse i Universitetets Festsal den 18. Marts 1851. Paa Bladet med Teksten til disse Sange var gengivet en Medaille, skaaret af Gravør Ph. C. Batz, sandsynligvis i 1870, Halvtredsaaret for Elektromagnetismens Opdagelse.

Torsdag Formiddag d. 2. September fortsattes Fagmøderne. Kl. 6 afholdtes Mindefest i Selskabet for Naturlærens Udbredelse (i Odd Fellow-Palæet). Selskabets Formand, Professor Martin Knudsen, bød Velkommen, og dets Sekretær, Inspektør M. C. Harding, holdt det nedenfor gengivne Foredrag. Kl. 7 afholdtes Mødets store Banket i Odd-Fellow-Palæet med ca. 650 Deltagere. Denne fik et overmaade vellykket Forløb med en Mængde Taler og Sange (deriblandt Sange af E. v. d. Recke, L. C. Nielsen — den til Skolefesten for Ørsted skrevne Sang — og Carl Dum-

Digitized by Google

reicher). Alle Deltagerne fik overrakt den meget smukke Ørsted-Medaille*) (modelleret af Billedhugger, Medaillør ved den kgl. Mønt, Gunnar Jensen), som vi bringer en Gengivelse af.

Fredag d. 3. September afsluttedes Fagmøderne, for Fysiker-

mødets Vedkommende først ved 6-Tiden. Kl. 7½ holdtes Afslutningsmødet paa Københavns Raadhus. Overpræsident de Jonquières bød Velkommen. Derefter bragte Præsidenten en Tak til alle, der havde bidraget til Mødets vellykkede Forløb, hvorefter Formændene for de tre Fagmøders Organisationsudvalg aflagde korte Beretninger om Mødernes Forløb og oplæste de paa Møderne vedtagne Resolutioner. Fysikermødets Resolution var saalydende:

»Det første nordiske Fysikermøde, afholdt i København 1.—3. September 1920, udtaler Ønskeligheden af, at nordiske Fysikermøder maa blive en fast Institution i Fremtiden. Man anser det for bedst, om Møderne afholdes under de enklest mulige Former.

De fysiske Foreninger i de nordiske Lande opfordres til at nedsætte Udvalg, som kan samarbejde til Planens Gennemførelse. Til Ordningen af det 2. nordiske Fysikermøde har Sverige tilbudt sig at tage Initiativet.«

De andre Fagmøders Resolutioner var af væsentlig det samme Indhold. Formanden for Elektroteknikermødets Organisationsudvalg meddelte endvidere, at man paa Elektroteknikermødet d. 1. September havde vedtaget følgende Resolution:

---

*) Et lille Restoplag af denne Medaille er overladt Selskabet for Naturlærens Udbredelse og sælges (à 10 Kr.) hos Selskabets Sekretær, Inspektør M. C. Harding, Polyteknisk Læreanstalt.

Digitized by Google

»Det 1. nordiske Elektroteknikermøde i København 1920 udtaler sin Sympati for, at Ørsteds Navn knyttes til en i Praksis anvendt elektromagnetisk Enhed«.

Han foreslog, at det samlede Ørsted-Møde skulde slutte sig hertil ved at vedtage en saalydende Resolution:

»Det nordiske H. C. Ørsted Møde i København 1920 udtaler sin Sympati for, at Ørsteds Navn knyttes til en i Praksis anvendt elektromagnetisk Enhed«.

Denne Resolution vedtoges med Akklamation.

Paa Gæsternes Vegne talte derefter Professor G. Melander, Helsingfors, Professor Sem Sæland, Trondhjem, og Kommersråd A. F. Enström, Stockholm. Endelig bragte Professor Martin Knudsen Præsidenten Mødets Tak for hans Andel i dets Tilblivelse og for hans udmærkede Arbejde med dets Ledelse, hvorefter Præsidenten afsluttede Mødet og udbragte et Leve for dets Protektor, Hans Majestæt Kongen, hvem man sendte en telegrafisk Hilsen. Til Slut blev afsunget den til Skolefesterne for Ørsted skrevne Sang af Axel Juel.

Efter Afslutningsmødet havde Københavns Kommunalbestyrelse indbudt Mødets Deltagere til en Aftenfest med staaende Souper. Den storslaaede Gæstfrihed, man saaledes nød i de prægtige Omgivelser, gav Mødet den smukkest tænkelige Afslutning.

Tale ved H. C. Ørsted Mødet 1920.

Af

Kirstine Meyer, f. Bjerrum.

Den Opdagelse, hvis Hundredaarsfest vi her skal fejre, blev strax i 1820 modtaget med store Forventninger; man anede, at der her var vist Begyndelsen af en Vej, der kunde føre til rige Muligheder, om man end ikke kunde ane, hvor store disse skulde

Digitized by Google

vise sig at være. Datidens førende Mænd i Naturvidenskaben har paa mange Maader givet Udtryk for den Betydning, de tillagde Opdagelsen.

Faraday har sagt om den: »It burst open the gate for a domain in science, dark until then, and filled it with a flood of light.«

Ampère sagde: »M. Ørsted .... a pour jamais attaché son nom à une nouvelle époque«.....

Schweigger, der udgav et meget udbredt fysisk-kemisk Tidsskrift, begyndte en ny Række af dette i 1821 med den Begrundelse, at Ørsteds Opdagelse, den største paa Magnetismens Omraade i det sidste Aarhundrede, gjorde et Skel i Tidsskriftets Udgivelse rimeligt; ja, da han havde arbejdet noget med Emner fra Elektromagnetismens Omraade, erklærede han, at det var den største Opdagelse i det sidste Aartusinde.

Det hændte flere Gange i Ørsteds Liv, naar han i fremmede Lande, som han besøgte, blev fejret som Opdageren af Elektromagnetismen, at han blev kaldet »Columbus-Ørsted«, for at fremhæve, at han med sin Opdagelse havde naaet et Maal, som han fra sin Ungdom havde stilet imod og stræbt efter, og Sammenstillingen glædede Ørsted, mens han protesterer mod Ytringer om, at Opdagelsen skete »tilfældigt«.

Vi vil nu se at følge den Vej, han har gaaet for at naa det attraaede Maal.

I 1801, da Ørsted var 24 Aar gammel, drog han ud i Europa for at nyde godt af et Par Studie- og Vandreaar. Han var opfyldt af en glødende Interesse for Fysikens og Kemiens Teorier, havde erhvervet sig Guldmedaille og Doktorgrad, og var begyndt paa en naturvidenskabelig-filosofisk Produktion; han havde nogen experimentel Uddannelse i Kemi, da han havde haft Læreaar som Farmaceut og havde bestaaet en farmaceutisk Eksamen med Udmærkelse. Han var dernæst paa egen Haand begyndt at experimentere med »Galvanismen«; Volta havde Aar 1800 »sat sin Støtte ved Aarhundredets Indgang«, og de Resultater, man naaede ved dens Brug, beskæftigede hele den naturvidenskabelige Verden. Ørsted havde vundet et Par selvstændige Resultater paa dette Felt og havde konstrueret et lille Batteri, som havde vakt Opsigt, og som han førte med paa sin Rejse.

Digitized by Google

Saaledes udrustet drog han ud, fyldt af »en Begejstring for vidtskuende Fremtidsplaner i Videnskaben«, som han ventede vilde skaffe ham let Adgang overalt. Hans Forventninger blev ikke skuffede; han hørte, diskuterede og experimenterede med ligestemte Aander, hvor han kom frem i Tyskland; han kom saaledes til Ritter i Ober-Weimar, bekendt for sine fantasifulde Teorier og sine talrige Experimenter over Galvanismen; han kom første Gang d. 18de Septbr. og blev modtaget med nogen Reservation, da andre Besøgende havde vakt Ritters Mishag ved at udgive hans Ideer for deres egne; efter nogen Samtale kom de dog paa venskabelig Fod; d. 19de viste Ritter ham sine mærkeligste Experimenter; d. 20de forklarede han Ørsted de nye Ideer, som han vilde fremsætte, naar Tiden var moden dertil; d. 21de indgik de et varmt Venskab og lovede hinanden at have Fællesskab i Arbejde, saaledes at de vil meddele hinanden deres Tanker og Resultater! De mødes i Begejstring over et fantastisk kemisk Værk af Ungareren Winterl; den ledende Traad i dette, den samme som i Ritters Spekulationer, var Ideen om Naturkræfternes Enhed, den Tanke, at saavel kemiske Virkninger som Varme, Lys, Magnetisme, elektriske Fænomener kan føres tilbage til Virkningen af to modsatte Kræfter, forbundne med de to forskellige Elektricitetsarter. Den Enhed, der derved vilde bringes i alle naturvidenskabelige Erfaringer, tiltalte Ørsteds Sans for Systematik, der var fremelsket ved filosofiske Studier, og den Enhed, han derigennem kunde skimte i hele den aandelige Verden, begejstrede hans poetisk-religiøst-filosofisk stemte Sind.

Saavel Winterl som Ritter søgte at vise Tankens Rigtighed for de ovennævnte Omraader. Størst Vanskelighed voldte Magnetismen dem. Der var det pirrende og tilsyneladende forjættende for Muligheden af at finde en Forbindelse mellem denne og Elektriciteten, at elektrisk ladede Legemer indbyrdes og magnetiske overfor hinanden fulgte ganske de samme Love; men at bygge Bro fra det ene Omraade til det andet syntes umuligt, og enkelte Iagttagelser, der tydede paa en saadan Forbindelse, havde vist sig at være fejlagtige.

Spørgsmaalet kom til at berøre Ørsted stærkt, da Ritter i 1802, mens Ørsted var i Frankrig, mente at have fundet den søgte

Digitized by Google

Forbindelse mellem de to Omraader, og Ørsted fik det Hverv at meddele Resultatet til den franske videnskabelige Verden.

Saasnart Ørsted, opfyldt af Ritters mange mærkelige og imponerende experimentelle Resultater, kom til Paris og havde lært sig tilstrækkelig fransk, holdt han Foredrag om de betydningsfuldeste af disse. Ritter havde netop opdaget Polarisationen og havde konstrueret en Art Akkumulator, bygget som en Søjle af Kobberskiver og fugtige Lag. Beretningen vakte stor Opsigt, og Biot opfordrede Ørsted til paa Ritters Vegne at konkurrere til en Pris af 3000 Fr. for dette Arbejde; imidlertid indløb der Brev fra Ritter til Ørsted med en Meddelelse om, at han havde fundet en endnu mere epokegørende Ting. Han havde vist, at en Naal, halvt af Zink og halvt af Platin, formet og ophængt som en Kompasnaal, stillede sig i Retningen Nord—Syd; da den paa Grund af Berøringen mellem de to Metaller havde positiv Elektricitet paa Zinken og negativ paa Platinet, var her Antydning af en Forbindelse mellem Elektricitet og Jordmagnetisme. Yderligere meldte Ritter, at hans sekundære Batteri blev ladet, naar det opstilledes i Hældningsnaalens Retning. Saasnart disse Efterretninger naaede Paris, besluttede Ørsted paa Ritters Vegne at gøre Fordring paa en Pris paa 60,000 Fr., udsat af Napoleon, for at det franske Akademi kunde uddele den som Belønning for en Opdagelse, der gjorde Epoke i Læren om Elektricitet og Galvanisme.

Desværre var Ritters Iagttagelse Selvbedrag; Ørsteds Forsøg paa at fremvise Experimenterne maatte mislykkes, og Ritter fik ikke Prisen. Vi skal senere se, at den en Gang til kom til at spille en Rolle i Ørsteds Liv.

Ørsteds Tro paa Naturkræfternes Enhed rokkedes dog ikke. Den dannede Grundlaget for hans Forelæsninger og hans Arbejder i de følgende Aar, og da han i 1808 blev Medlem af Videnskabernes Selskab foreslog han, at dette skulde udsætte en Pris for Besvarelsen af Spørgsmaalet om Forbindelse mellem Elektricitet og Magnetisme.

I 1812—13 fik Ørsted et nyt Studieophold i Udlandet; i Løbet af dette skrev han et omfattende Værk, indeholdende en hel fysisk-kemisk Teori. Den skulde have heddet »Versuch eines Physikers sich in seiner Wissenschaft zu orientieren«, men under Udarbejdelsen voxede Formaalet, og den beskedne Titel for-

Digitized by Google

svandt og ombyttedes med »Ansicht der chemischen Naturgesetze« eller mere karakteristisk i en fransk Udgave: »Recherches sur l'identité des forces chimiques et électriques«. Dens Formaal var intet mindre end at give Kemien en Basis, analog med den, som den Newtonske Tiltrækningslov var bleven for Mekaniken. Ud fra en Forestilling om Legemernes Opbygning af positivt og negativt ladede Dele søgte han at forklare deres Klassificering og deres gensidige kemiske Virkninger, samt galvaniske Fænomener; gennem de forskelligartede Elektriciteters oscillatoriske Udladning gennem Modstande forklarede han Varme og Lysvirkninger; ogsaa Magnetismens Fænomener skulde gærne finde deres Forklaring paa det samme Grundlag. Ørsted diskuterer Sagen, men kan ikke komme videre end til at bemærke, at en Løsning maa kunne findes, da visse Tegn sikkert tyder paa, at den er mulig; under Uvejr kan Magneten forandres, og desuden har Varmen Indflydelse paa Jerns Magnetiseringsevne; da nu Varmen skyldes en oscillatorisk Vexelkamp mellem de to Elektriciteter, kan en Forbindelse skimtes; han mener, at Løsningen maa ventes ved at undersøge Virkningen mellem Magneter og Elektricitetsmængder, der er ophobede i stor Mængde uden synderlig Spænding, saaledes som de findes i de galvaniske Elementer. Ørsted siger senere, at intet i det hele Værk var ham mindre tilfredsstillende end dette....

Sagen hviler dernæst i 8 Aar.

Blandt det meget, som Ørsted udrettede i disse Aar, hvor hans Arbejde væsentlig var af experimentel Natur, var ogsaa Konstruktionen af et kraftigt galvanisk Batteri med en Vædskeblanding, der i nogen Tid kunde give en konstant Strøm; med dette arbejdede han en hel Del og brugte det ved sine Forelæsninger; dette var ogsaa Tilfældet i Foraaret 1820, da han holdt en Forelæsning over Elektricitet, Magnetisme og Galvanisme; en Dag i April tænkte han over Forelæsningen, der skulde holdes om Aftenen, og hvis Emne netop skulde være Analogier mellem magnetiske og elektriske Fænomener. De gamle Ønsker dukkede da op hos ham, og følgende Tanke slog ham: Naar de to Elektriciteter er til Stede i stor Mængde og forbinder sig — udkæmper deres oscillerende Vexelkamp gennem en Ledning med stor Modstand, udstraaler der Varme og Lys fra Ledningen til alle Sider

Digitized by Google

og paavirker Legemer i dens Nærhed; er det nu ikke muligt, at den magnetiske Virkning ligeledes udstraaler fra Traaden; i Retning af denne har man ofte og forgæves søgt Virkningen af Elektriciteten paa en Magnet. Han bestemte da, at han vilde prøve, om Tanken var rigtig, og planlagde, at han vilde i Ledningen mellem Batteriets Poler indskyde en tynd Platintraad, som skulde bringes til Glødning ved Batteriets Udladning, mens den holdtes over en lille Kompasnaal, der fandtes i en Kasse med Glaslaag.

Da Ørsted fik denne Idé, tænkte han vel lidet paa, at han stod paa Tærsklen til at opfylde en Spaadom af Vennen Ritter i 1803. I et af sine mange Breve til Ørsted fremkommer han med nogle Data, der skal vise, at Maximum af den periodisk varierende Ecliptica-Skraahed følges med betydelige Opdagelser paa Elektricitetens Omraade og regner derved ud, at den næste skal komme i 1820. »Die erleben wir also wohl noch«. Ritter var død, og Ørsted var nu i Færd med at opfylde Spaadommen.

Han fik ikke Lejlighed til at prøve sin nye Idés Rigtighed før Forelæsningen, men under denne blev han saa greben af Vished om dens Værdi, at han bestemte at prøve den for Auditoriets Øjne, han holdt da den glødende Platintraad over Magnetnaalen — og denne bevægede sig virkelig — han vendte Strømmen i Traaden, og Naalen drejede sig den modsatte Vej — han holdt Traaden vinkelret paa Naalen, og den rørte sig ikke.

Saaledes skimtedes altsaa første Gang Forbindelsen mellem de to store Omraader i Naturvidenskaben, men Verden maatte vente i tre Maaneder, — jeg kan knap selv forstaa, at jeg *kunde* vente — siger Ø. senere, — før Sagen blev bragt til dens Kundskab; selv paa Auditoriet gjorde Sagen ikke stort Indtryk, da Virkningen var svag, fordi Batteriet ikke var i synderlig god Stand, saa at det kun formaaede at sende en svag Strøm gennem den tynde og lange Traad. Ørsted gemte Sagen i sit Sind og afventede, at han fik Tid og Lejlighed til dens indgaaende Undersøgelse; den Skuffelse, han og Ritter havde lidt i 1803, gjorde ham forsigtig, og hans Beskæftigelse med experimentelle Arbejder havde gjort ham mere kritisk overfor tilfældige Iagttagelser end i hans Ritterske Periode. Endelig i Juli 1820 fik han Tid og Arbejdsro til at forfølge Sagen. Han sammenstillede nu et stort Batteri, fyldt med frisk Syre og med ringe indre Modstand, saa

Digitized by Google

at det med Lethed kunde gøre en Platintraad glødende. Hans Optegnelser*) giver en Antydning af hans Arbejdsplaner. For det første skulde de Forsøg gentages, som han havde prøvet Forelæsningsaftenen, for at han kunde blive sikker paa, at det samme Resultat vilde vise sig ved Gentagelsen; dernæst skulde visse Tvivlsspørgsmaal løses, før videre Undersøgelser kunde foretages. »Varm Metaltraad uden Galvanisme bringes i Forhold til Magnetnaalen«. »Hvilken Varmegrad er den mest magnetiske«? lyder to af hans Bemærkninger til den første Dags Forsøgsplaner; de viser, at han øjensynlig har tænkt sig Muligheden af, at det var Varmen og ikke Elektriciteten, der var Skyld i Virkningen; andre Tvivlsspørgsmaal dukker op, og man faar gennem saadanne Antydninger en Forstaaelse af, hvorfor han maatte vente paa at kunne finde en samlet Tid til sine Undersøgelser, før han turde stole paa, at han havde fundet, hvad han kalder »et nyt Lys« i Videnskaben netop paa et Omraade, hvor han i saa høj Grad havde ønsket at finde det.

Fra den 15de Juli er de mere perifere Tvivlsspørgsmaal fjernede; han er sikker paa, at det er Strømmen i Ledningen, der har den magnetiske Virkning; han har set, at Traaden ikke behøver at gløde eller lyse for at fremkalde Virkningen, at dens Stof er uden Indflydelse og ligesaa Beskaffenheden af det Medium, der findes mellem Ledningen og Magneten. Hans Iagttagelser samler sig da om at finde Retningen og Størrelsen af den Kraft, der, udgaaende fra Ledningen, virker paa en Magnetpol, og i de følgende Dage bliver Svarene stedse klarere og koncisere paa de Spørgsmaal, han gennem sine systematisk ordnede Experimenter stiller Naturen. Forbindelsen mellem Kræfterne fra de to store Virksomhedsomraader blev fastslaaet og meddeltes Verden d. 21de Juli gennem *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*«. Hermed var altsaa »Columbus-Sejladsen« ført til Kysten af det attraaede Land.

»Experimenta« indeholder paa 4 Sider en kort Sammenstilling af de Resultater, som de foregaaende Dages Arbejde havde givet. Hovedsagen er, for at bruge Ørsteds egne Ord, »den fun-

*) Gengivne i: *Kirstine Meyer:* Scientific life and works of H. C. Ørsted. Kbhvn. 1920. S. LXXIII o. flg.

Digitized by Google

damentale Lov for Elektromagnetisme, at den magnetiske Virkning af den elektriske Strøm følger en Kreds omkring den«. Mere detailleret kan Hovedresultaterne siges at være:

1) Den elektriske Vexelkamp mellem Batteriets to Elektriciteter har Virkning paa en Magnetpol, og Kraften har den mærkelige Retning, at den søger at føre Polen i en Cirkel, hvis Plan er vinkelret paa Strømledningen.

2) Der er angivet en simpel Regel, der kan bruges til at finde Kraftens Retning i — snart sagt — enhver mulig Stilling af Ledningen i Forhold til Polen.

3) Kraftens Størrelse — maalt ved Magnetnaalens Udslag fra sin Ligevægtsstilling — afhænger af Afstanden fra Ledningen til Magneten, samt af Batteriets Styrke og Ledningens Art; den er uafhængig af, hvilket Stof der findes mellem Ledningen og Magnetpolen og kan ikke tilbagekastes.

4) Endelig er der fremsat den Tanke, at Virkningen ikke er en Afstandsvirkning, men skyldes, at der ved »Konflikten« i Ledningen vækkes lignende i Rummet omkring den, følgende de Cirkler, som Magnetpolerne vil bevæge sig i — kort sagt, den Tanke, som mange Aar senere gennem Faradays Idéer og Maxwells matematiske Behandling blev saa frugtbringende for Videnskaben, har allerede foresvævet Ørsteds paa Ideer saa rige Sind, men han underbyggede den ikke saa stærkt som Faraday og fandt ingen Maxwell, der kunde klare hans dunkle Tanke ved Matematikens Hjælp.

I Dagene efter Udsendelsen af »Experimenta« fortsatte Ørsted sit Arbejde og fandt nye og betydningsfulde Resultater; han udsendte en Meddelelse om dem med Titel: »Neuere electromagnetische Versuche« saa hurtigt, at den blev offentliggjort i samme Hefte af Schweiggers Journal som den latinske Afhandling, der optryktes der; dette Arbejde er saa nært forbundet med »Experimenta«, at de altid burde nævnes sammen som Ørsteds banebrydende Arbejde paa dette Felt. De nye Resultater, det bragte, er tre.

1) For det første meddeles det, at alle de omtalte elektromagnetiske Experimenter kan anstilles med et enkelt Element; det er overflødigt at bruge det store Batteri.

2) Det lykkes ham at vise, at sædvanlig Reaktionsvirkning

Digitized by Google

gælder ogsaa paa dette Felt, at ligesaavel som en lukket Strømkreds virker drejende paa en Magnet, virker denne paa Strømkredsen.

3) Endelig viser han, at en lukket Strømkreds virker som en Magnet, idet dens to Sideflader repræsenterer to modsatte Poler.

Alle tre Resultater er senere tilskrevet andre; det er da end mere rimeligt at gøre opmærksom paa, at de var fastslaaede Kendsgerninger allerede fra Ørsted selv.

Da Opdagelsen blev bekendt i Løbet af Sommeren 1820 vakte den Sensation; de Vidnesbyrd, der anførtes i Begyndelsen vidner højt derom; de viser, at Datiden havde Blik for, at et helt nyt Omraade i Videnskaben var aabnet for Forskningen, og Eftertiden har i fuldeste Maal vist dette Omraades Betydning; den elektriske Strøms magnetiske Felt er blevet en Grundvold saavel for de subtileste Teorier om Atomernes indre Bygning, som for Virkningen af de kraftigste elektromagnetiske Maskiner.

Det latinske Sprog i »Experimenta« var, endog for 100 Aar siden, en Hindring for Forstaaelsen, og Tidsskrifter paa de forskelligste Sprog bragte derfor Oversættelser af den; i alle Lande prøvede man at fremkalde den mærkelige Kraft, og da Ørsted ingen detaillerede Forsøgsbeskrivelser havde givet, gjorde hver Forsøgene paa sin Maade; da nu tilmed Ørsteds Fremstilling var saa sammentrængt, at den skal læses med indgaaende Opmærksomhed, for at man skal faa Øje paa alle Resultaterne, førte det til, at mange troede sig at være Opdagere af nye Kendsgerninger, hvor de i Virkeligheden kun fandt Bekræftelse paa, hvad der allerede var fundet af Ørsted. Følgen var, at Tidsskrifterne bugnede af Meddelelser om nye Resultater paa Elektromagnetismens Omraade, men Faraday, der med stort Arbejde i 1821 gennemgik, hvad der var skrevet, fandt meget lidt nyt deri, naar undtages to vigtige Opdagelser, der kom frem allerede September 1820 i Frankrig, saaasnart Ørsteds Opdagelse var bleven bekendt og refereret i Akademiet. A m p è r e fandt parallele Strømmes gensidige Indvirkning, og A r a g o Strømmens Evne til at magnetisere. —

Det blev altsaa fra alle Sider erkendt, at Opdagelsen var epokegørende; dette bragte Ørsteds Tanke hen til den Napoleonske Pris paa 60000 Fr. for en Opdagelse paa Elektricitetens Omraade, der kunde karakteriseres saaledes — den Pris, han en Gang havde

Digitized by Google

søgt at vinde for Ritter, da denne troede at have fundet det, som Ørsted nu havde naaet. Kunde han vinde denne Præmie, vilde det være af overordentlig Betydning for ham; han var nemlig plaget af pekuniære Bekymringer, idet alle Udgifter vedrørende Experimenter, saavel til Forelæsninger som i Videnskabens Tjeneste, maatte afholdes af ham selv; han maatte selv lønne sine Medhjælpere, betale de Kemikalier, han brugte, og ligeledes den Sprit, Olie eller Gas, han maatte bruge til Opvarmning eller Belysning; det var ikke smaa Summer, det drejede sig om; han fortæller lejlighedsvis, at den Syre, der brugtes til to à tre Timers Forsøg med hans nye Batteri, kostede 15 à 20 Rdlr. Han skrev da et Brev til Kongen, hvor han gjorde Rede for sin Berettigelse til at faa Prisen, og gennem den danske Gesandt i Paris blev der paa behørigt Sted gjort Forespørgsler om Muligheden for at skaffe ham den. Svaret var overraskende og nedslaaende. Hans Berettigelse til at faa Prisen blev fuldt anerkendt, men — den existerede kun paa Papiret; Pengene til den fandtes ikke. Det følgende Aar tilkendte det franske Akademi ham en Guldmedaille af Værdi 3000 Fr., men skønt han satte Pris paa Æren, forbedrede den jo ikke hans Arbejdsforhold. —

Det Spørgsmaal rejser sig naturligt: hvor hurtigt realiseredes de store Muligheder, som laa i Opdagelsen, og hvorvidt virkeliggjordes de Forventninger, man nærede til den? Ser man paa de Kongresser, der fejrer Hundredaaret for Opdagelsen og mindes de mange Videnskabsgrene og praktiske Virksomheder, byggede paa den som Grundvold, der repræsenteres ved Deltagerne i disse Kongresser, er Spørgsmaalet naturligt. Svaret bliver: de første Resultater var tilsyneladende af kun videnskabelig Karakter og ikke særligt opsigtsvækkende. De samlede sig især om dette som Udgangspunkt, at man ved Magnetnaalens Bevægelse kunde paavise og maale ganske svage Strømme; det skulde dog vise sig, at netop ved disse Iagttagelser fandtes de første Spirer til den store Udvikling, som en senere Fremtid bragte. Ved Hjælp af den nye Maade at paavise Strøm fandt Seebeck en ny Frembringelsesmaade for denne, nemlig de thermoelektriske Elementer; herved blev det muligt for Ohm i 1824 at finde sin berømte Lov, da han nu besad en konstant Strømkilde og en relativt bekvem Maalemetode for Strømmens Styrke. Hvad der ved denne Lov opnaaedes

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

for Elektricitetens Beherskelse saavel i Teori som i Praksis behøver ikke her at fremhæves.

Fra Opdagelsen faldt et Frøkorn i et grødefuldt Sind; Faraday saa, at elektrisk Strøm kunde skabe Magnetisme; kunde da ikke Magnetisme skabe elektrisk Strøm? Dette Spørgsmaal fødtes i hans Hjerne og beskæftigede hans Tanker i de 12 Aar, der gik, før han fandt det bejaende Svar, ved at han saa en Bevægelse af en Magnetnaal under Paavirkning af en Ledning, i hvis Nærhed en Magnet forandrede sig, kort sagt, til han fandt de første svage Spor af Induktionsstrømmenes Existens; da var Udgangspunkterne fundne for de praktiske Anvendelser. Selve disse saa Ørsted lidt til inden sin Død; i sine sidste Aar skrev han som Direktør for den polytekniske Læreanstalt Betænkning over Anlæget af et Telegrafkabel over Store-Bælt, og han anbefalede pekuniær Støtte til Søren Hjorth til Konstruktion af en magneto-elektrisk Maskine, der blev Forløber for Dynamoen.

Da Ørsted i sin tidlige Ungdom stod overfor Valget mellem en nogenlunde sikret Stilling som Tekniker og de usikre Levevilkaar, som fulgte med at hellige sig til Naturvidenskabens Dyrkelse, valgte han det sidste. Han ved intet bedre, siger han, end at studere Fysikens og Kemiens Teorier, men skulde han ønske sig noget for Fremtiden, da var det gennem sine Studier at berige sit Fædreland med Opdagelser, der kunde være nyttige i Borgersamfundet. Det er vel sjeldent at en Mand i saa høj Grad faar sit Ungdoms Ideal realiseret.

Han hævder ved samme Lejlighed, at skulde han nogensinde faa at gøre med Uddannelsen af Teknikere, da maa en saadan bygges paa almen Naturvidenskab — ogsaa her har saavel hans egen Livsgerning som Fremtiden givet ham Ret.

Hans Betragtning af Naturvidenskaben og dens Betydning er i det Hele af næsten religiøs Natur. Han siger saaledes: »Naturvidenskaben, idet den opløfter Sjælen til en højere Verden, lærer os tillige at beherske den lavere, hvori vi befinder os.« Videnskaben skal dyrkes for dens egen Skyld og »enhver velført Undersøgelse af en indskrænket Gjenstand opdager os en Del af det Heles evige Love«, idet »alle Naturlove tilsammen udgør en Enhed, der, tænkt i sin Virksomhed, udgør hele Verdens Væsen, der er eet med en uendelig i alt levende og virkende Fornuft.«

Digitized by Google

Det lyder paradoxalt, men er dog rigtigt, at netop disse ophøjede Forestillinger om Naturvidenskabens Betydning bidrog til eller foraarsagede, at Ørsted efterhaanden droges bort fra egentlig videnskabelig Virksomhed over til at anvende sine Kræfter paa en Opdragelse af sine Landsmænd paa naturvidenskabelig Grund; gennem den Anerkendelse, hans videnskabelige Bedrift havde vundet, steg hans Indflydelse, og den Lykke, han havde haft, sikrede hans egen Tro paa Videnskabens Betydning; han følte sig herved forpligtet til at arbejde paa, at de danske Borgeres Levevilkaar og deres Opdragelse i det Hele skulde forbedres ved den Indflydelse, som Naturvidenskaben kunde udøve.

Vi ser ham derfor paa Højden af sin Berømmelse under en Udenlandsrejse i 1823, hvor man skulde have ventet, at hans Interesser og Tanker vilde være optagne af at fortsætte det videnskabelige Arbejde, han saa heldigt havde begyndt, at fatte Planen til et stort »fædrelandsk« Foretagende — for at bruge hans egne Ord — der skulde have til Formaal at udbrede Kendskab til Naturlæren, saa at Haandværkere og Agerdyrkere, Industriens Arbejdere, baade Officerer og Menige, ved det skulde dygtiggøres til deres Erhvervsarbejde, og saa at alle — ogsaa Folk med immaterielle Erhverv — skulde faa deres Blik aabnet saavel for Naturvidenskabens Nytte som ogsaa ved dens Hjælp for Naturens Hensigtsmæssighed og Skønhed. Planerne var omfattende, og Ørsted forsøgte at realisere dem gennem Selskabet for Naturlærens Udbredelse, som i 1824 stiftedes og derefter ledede af ham, og som han ofrede meget af sin Tid og mange af sine Tanker. I Aarene nærmest derefter fandt han dog Tid til betydningsfulde videnskabelige Undersøgelser, men da han fra 1828 begyndte at arbejde for Oprettelsen af den polytekniske Læreanstalt, og da den fik Realitet fra 1829, og han blev dens Direktør foruden at være dens Lærer i Fysik slugtes saa meget af hans Tid, at hans videnskabelige Arbejde fra nu af blev af mere spredt og tilfældig Art end tidligere.

Endelig i de sidste 15 Aar af hans Liv blev hans Formaal endnu videre; gennem sine naturvidenskabeligt-filosofiske Skrifter tilstræbte han en poetisk-moralsk-religiøs Opdragelse af sit Folk.

Dette Arbejde blev baaret frem ikke blot af Tro paa Natur-

Digitized by Google

videnskaben, men ogsaa af en sjælden Tro og Tillid til Menneskenaturen; trods alle Skuffelser mærker man den uvilkaarlige Overbevisning, at naar et Menneske véd, hvorledes det er rigtigt at handle, da gør han det ogsaa; naar han virkelig kan overbevises om, at en Fremgangsmaade er fornuftig at bruge, da vil han anvende den; da nu de naturvidenskabelige Fremgangsmaader er af overbevisende Karakter, vil de føre Menneskene paa ret Vej, naar man blot lærer dem at blive fortrolige med dem.

Det er mærkeligt, at det er hændet to Gange i dansk Naturvidenskabs Historie, at en Mand har fundet en fundamental Lov i Videnskaben, men efter den første værdifulde Indsats har forladt Arbejdet i Laboratoriet for direkte Nyttearbejde i Samfundet; det er hændet for Ole Rømer og for H. C. Ørsted, men af vidt forskellige Grunde.

Rømer blev taget i Tjeneste af Enevoldsmagten, men Ørsted meldte sig selv. Rømer fik Magtmidler til Gennemførelse af Reformer, som han i kort Tid gennemførte med fast Haand til en sjælden Fuldkommenhed i Overensstemmelse med sine Planer. Ørsted maatte skaffe Midler til sine Planers Realisation ved sin personlige Indflydelse; hans Fantasi malede Resultaterne lysere, end Virkeligheden viste dem, men han trættedes ikke og har derved skabt eller udviklet alt, hvad Danmark ejer af Institutioner, der tjener til Naturvidenskabens Fremme eller betinger Forberedelse paa naturvidenskabelig Grund til forskellige Erhverv*).

Han har skabt Universitetets fysiske Samling og dets kemiske Laboratorium og har overhovedet sikret Fysiken og Kemien en selvstændig Plads ved Universitetsundervisningen.

I Selskabet for Naturlærens Udbredelse paabegyndte han saadanne Virksomheder, som nu repræsenteres ved tekniske Skoler, teknologisk Institut, Industriraad, Erhvervsraad og Folkeuniversitetet; paa den polytekniske Læreanstalt undervistes Farmaceuter, Medicinere og Forstmænd, som senere har faaet selvstændige Undervisningsanstalter, fra den bestyredes et af Videnskabernes Selskab paa Ørsteds Opfordring stiftet magnetisk Observatorium, ligesom ogsaa meteorologisk Institut skylder ham sin Existens.

Danmark skylder altsaa H. C. Ørsted Tak, ikke blot, fordi han

*) *Kirstine Meyer:* H. C. Ørsteds Arbejdsliv i det danske Samfund. Kbhvn. 1920.

Digitized by Google

gennem sin videnskabelige Bedrift har gjort dets Navn bekendt over hele Verden, men for et enestaaende Arbejde i Samfundets Tjeneste; den Maade, hvorpaa Danmark bedst kan hædre hans Minde efter hans egen Aand, vil være at støtte den Naturvidenskab, til hvilken han havde saa stærk en Tro.

Indledningsord ved Universitetsfesten d. 1. September 1920.

Af

Rektor magnificus, Professor Th. Rovsing.

Alma mater plejer at fejre sine bedste Sønner paa Hundredaarsdagen for deres Fødsel ved en stille Mindefest, hvor deres Liv og Virken drages frem til Beskuelse for Efterverdenen, til lysende Eksempel for de unge — oftest fra den Glemsels Taage, hvori Videnskabsmandens Værk overfor Offentligheden som Regel alt efter Hundred Aars Forløb er hyllet ind.

Hans Christian Ørsted, om hvis Liv og Virken som Naturforsker og Filosof vi i Dag skal høre i de tvende Festtaler, er en af de faa, der huskes og fejres ikke blot af Universitetet, men af det hele Folk, fordi den videnskabelige Sejr han for Hundred Aar siden vandt i sit stille Laboratorium, har ført til saa store ikke blot videnskabelige men ogsaa praktiske Resultater, at de har sat et uudsletteligt Præg paa hele Verden.

Derfor er Hundredaarsdagen for hans store Opdagelse fejret i hver Landsbyskole i Danmark, derfor fejres han nu ved en Kongres og en Række Fester af Videnskabens og det praktiske Livs Folk i Forening. Fra nær og fjern i hele Norden er Deltagere i denne Hyldest strømmet sammen.

Midt i denne straalende og storstilede Kæde af Festligheder har alma mater — stolt af sin Søn — villet holde sin stille Mindefest, og jeg bringer paa hendes Vegne de fremmede Gæster, blandt hvilke vi ser flere af Nordens mest fremragende Naturforskere, et hjerteligt Velkommen og en Tak, fordi de ved deres Nærværelse forskønner alma maters Fest for en af hendes bedste og kæreste Sønner!

Digitized by Google

Tale om Hans Christian Ørsted

holdt ved Universitetsfesten d. 1. September 1920.

Af

Martin Knudsen.

Det er naturligt for Universitetet at være med til at fejre Hundredaaret for Elektromagnetismens Opdagelse og at være med til at fejre Hans Christian Ørsted, da han i mere end et halvt Aarhundrede var knyttet her til denne Højskole.

Da Ørsted i Aaret 1800 var 23 Aar gammel, blev han ansat som Adjunkt ved Universitetet, og han fik da det Hverv at undervise Farmaceuter i Kemi og at tilvejebringe en ny fysisk Instrumentsamling, da den gamle var gaaet tabt ved den store Brand. Foruden disse Pligtarbejder holdt Ørsted ogsaa Forelæsninger af mere speciel Art, og desuden syslede han med sine fysiske Eksperimenter og sine filosofiske Spekulationer. Han maatte endelig ogsaa paatage sig Arbejde for at tjene til det daglige Brød, thi skønt Søn af en Apoteker var han dog fattig, og Universitetet gav ham intet Vederlag for hans Arbejde. Den Tanke, at en Universitetslærer ikke behøver saa meget i Løn, fordi hans Arbejde tillige bør være hans Fornøjelse, er altsaa ingenlunde af ny Dato.

Ørsted var et elskeligt Menneske. Hans troskyldige Venlighed og den store Anseelse, som han erhvervede sig, bevirkede, at Autoriteterne efterhaanden stemtes gunstigt for hans Planer og for hans Bønner om Hjælp til at blive bragt ud af personlig Gæld. I 1806 fik Ørsted saaledes et mindre Honorar fra Universitetet, og i 1817 blev han Professor ordinarius i Fysik, saa fra nu af havde Universitetet et særligt Professorat i dette Fag. Fra 1820 hører vi ikke mere om Ørsteds Sorger for Udkommet. Hans store Opdagelse bragte ham dog ikke direkte nogen materiel Fordel, saa efter hans Død i 1851 var det ret smaat for hans Enke.

I 1815 var Ørsted blevet Sekretær i Videnskabernes Selskab. I denne Stilling udførte han gennem 36 Aar et meget stort og gavnligt Arbejde. Det har derfor ligget nær for Selskabet at være med

Digitized by Google

til at fejre Ørsteds Minde ved denne Lejlighed, og Selskabet har gjort det ved at foranstalte en Udgave af Ørsteds naturvidenskabelige Skrifter. Arbejdet hermed blev for 6 Aar siden overdraget til Fru Kirstine Meyers kyndige Omsorg, og Resultatet foreligger nu som et Værk i tre Bind, hvis Udgivelse Carlsbergfondet har bekostet. Foruden Ørsteds Afhandlinger indeholder Værket to Redegørelser af Fru Meyer. De omhandler Ørsteds videnskabelige Liv og hans Arbejde i det danske Samfund. For mig har det været af største Betydning, at jeg har kunnet gøre Brug af Fru Meyers store og fortjenstfulde Arbejde ved Udarbejdelsen af dette Foredrag.

En kortere og ligeledes fortræffelig Fremstilling findes i la Cours og Appels historiske Fysik. Ørstedlitteraturen er desuden i disse Dage blevet beriget med Inspektør Hardings store Værk: »Correspondance de H. C. Ørsted avec divers savants«.

Det er en kendt Sag, at Ørsted i 1824 stiftede Selskabet for Naturlærens Udbredelse, og at hans Betænkninger og Planer blev lagt til Grund for Oprettelsen af den polytekniske Læreanstalt i 1829, og at Ørsted var Læreanstaltens første Direktør gennem 22 Aar. Det er maaske mindre kendt, at Ørsted foreslog Dannelsen af det matematisk-naturvidenskabelige Fakultet ved Universitetet, og at han havde en væsentlig Andel i denne Plans Gennemførelse.

Jeg kommer nu til de eksperimentalfysiske Arbejder, som Ørsted har udført. Om dem kan man sige, at de er Pionerarbejder og har Pionerarbejders Karakter, idet en Fylde af nye Forhold er fremdraget eller antydet, saa andre Eksperimentatorer, der ikke saaledes som Ørsted havde en Masse andre Ting at tage Vare paa, kunde gaa videre paa de Arbejder, som Ørsted havde begyndt. Ørsteds Arbejder vidner om, at han besad de Kundskaber og den Fantasi, som kendetegner den fremragende Eksperimentator.

Kort efter at Volta i 1800 havde konstrueret det galvaniske Element, begyndte Ørsted at eksperimentere dermed. I 1801 konstruerede han et Apparat til Maaling af den elektriske Strøms

Digitized by Google

Styrke, idet Strømmen maaltes ved dens kemiske Virkning. Paa denne Virkning er den Strømstyrkeenhed 1 Ampère, som bruges den Dag i Dag, baseret, saa vi har al Grund til at besvære os over, at hverken denne eller nogen anden af de gængse elektriske eller magnetiske Enheder bærer Ørsteds Navn.

Ørsteds første Arbejder skaffede ham Anseelse i Udlandet, og han befæstede denne ved en Rejse, som strakte sig over 2½ Aar, og som gennem Tyskland førte ham til Paris. Fra Pariseropholdet i 1803 stammer et Billede,*) der viser os Ørsteds ungdommelige Udseende, da han var 26 Aar gammel. Et andet Billede**) viser os Ørsted som gammel Mand.

Da Ørsted var kommet hjem fra Paris, eksperimenterede han atter med den elektriske Strøm og bestræbte sig for at finde Sammenhæng mellem de forskellige Naturkræfter »Enheden i Naturen«. Denne Stræben førte ham ind paa en omfattende Undersøgelse af akustiske Klangfigurer, idet han haabede at finde elektriske Virkninger af en lydgivende Plades Svingninger. De elektriske Virkninger udeblev, men Ørsted fandt og beskrev flere interessante fysiske Forhold ved Klangfigurerne.

Af Ørsteds kemiske Arbejder maa især nævnes hans Fremstilling af Piperin og hans Arbejder paa Fremstilling af Aluminium. Efter at han i 1820 havde opdaget Elektromagnetismen, var han i en længere Aarrække beskæftiget med Undersøgelser over Vædskers Sammentrykkelighed. Hans Undersøgelser herover danner Forbilledet for alle senere Undersøgelser af denne Art, idet han ved Konstruktionen af Piezometret angav en ny Metode, der var langt bedre end de tidligere kendte.

Ørsteds store Opdagelse i 1820 er saa vel kendt, at jeg kan fatte mig i Korthed derom. Paa det Sted i Nørregade, hvor Telefonhuset nu ligger, havde Ørsted i 1820 sin Bolig, sit Auditorium og Laboratorium, samt den fysiske Instrumentsamling. Her holdt han sine Forelæsninger, der var velbesøgt baade af Mandfolk og Fruentimmer, som han selv siger.

*) Efter en Tegning af Crétien. Billedet forrest i Heftet.

**) Efter et Daguerreotypi, tilhørende Ørsteds Datterdøtre, Frkn. Birgitte og Petræa Scharling. Billedet S. 16

Digitized by Google

I April 1820 holdt Ørsted en Forelæsning, ved hvilken han vilde vise nogle Forsøg, og i den Anledning havde han ladet et galvanisk Batteri lave i Stand. Det var hans Agt at prøve Forsøgene inden Forelæsningen, ligesom han altid plejede, for at intet skulde slaa Klik, men denne Gang naaede han det ikke, saa han bestemte sig til at vente med Forsøgene til næste Forelæsning. Han gik saa i Lag med Forelæsningen og talte om Analogien mellem Elektricitet og Magnetisme, om hvorledes Lys- og Varmevirkninger udstraaler fra Strømlederen, og om at der ogsaa maa udstraale magnetiske Virkninger fra den. Ørsted var en fortrinlig Foredragsholder og forstod i sjælden Grad at rive Tilhørerne med og gøre dem interesserede for det behandlede Emne. Saadan Veltalenhed plejer imidlertid at virke ikke blot paa Tilhørerne, men ogsaa paa Foredragsholderen selv, og saaledes kom det, at Ørsted under Foredraget følte sig saa overbevist om, at der maatte være en Vekselvirkning mellem Elektricitet og Magnetisme, at han besluttede sig til at gøre et Forsøg med det samme. Det galvaniske Batteri stod parat, et Kompas var ved Haanden, og Ørsted holdt den elektriske glødede Platintraad hen over Magnetnaalen og saa, at denne bevægede sig. Hermed var den første Del af den store Opdagelse gjort.

Først tre Maaneder senere, i Begyndelsen af Juli, fik Ørsted Tid og Lejlighed til at underkaste Opdagelsen en videnskabelig Bearbejdelse. Han gik nu grundig til Værks, prøvede Virkningen paa magnetiske og umagnetiske Naale, prøvede Strømledere af forskelligt Materiale og i forskellig Afstand fra Naalen og i forskellige Stillinger i Forhold til den. Han prøvede Kraftens Gennemgang gennem forskellige Materialier og viste, at en bøjet Strømleder virker som en Magnet. Kort sagt Ørsted underkastede Fænomenet en omhyggelig eksperimentalfysisk Undersøgelse. Det er Fru Meyers store Fortjeneste, at dette er blevet uigendrivelig dokumenteret ved Fremdragning af de originale Forsøgsoptegnelser.

Ørsteds Opdagelse vakte den største Opsigt blandt Datidens Fysikere, og mange arbejdede videre derpaa, idet der nu var givet et helt nyt Omraade for videnskabelig Forskning. Inden et Aar var gaaet, var der fremkommet over 50 Afhandlinger om dette

Digitized by Google

Emne, og det var meget for de Tider, da der ikke var mange, som havde Lejlighed til at dyrke Fysikken. Blandt de fremkomne Afhandlinger var der nogle, som skyldtes Datidens mest fremragende Fysikere, der især hørte til den franske Skole; Frankrig var nemlig den Gang det førende Land paa Fysikkens Omraade.

Ørsteds Cirkulære om Opdagelsen blev udsendt i Juli 1820; nogle Maaneder efter havde de franske Fysikere Biot og Savart ved en Række fint udførte Forsøg faaet opstillet den Lov, som er opkaldt efter dem, og hvorved den Ørsted'ske Kraft bestemmes kvantitativt. I November 1820 viste Arago, at Staal og Jern bliver magnetiske, naar de anbringes i en Traadrulle, som gennemløbes af en elektrisk Strøm. Hermed var i Virkeligheden den første Elektromagnet fremstillet. I 1821 fremkom Ampères Paavisning af den Kraft, hvormed elektriske Strømme virker paa hinanden. Ampère gør herved fuldstændig Rede, ogsaa i kvantitativ Hensende, for den Kraft, som han paaviste.

Jeg kan ikke komme ind paa alle de mange Fremskridt, som fører op til Nutidens Fysik og Elektroteknik, men vil kun anføre, at af de Mænd, som efter Ørsteds Død i 1851 har ført Fysikken videre her i Landet, kan vi nævne Holten, der var Professor i Fysik ved Universitetet. Han efterfulgtes i 1886 af C. Christiansen, der havde dette Embede til 1912 og som bidrog overordentlig meget til at hævde den danske Fysik en smuk Stilling i den internationale Videnskab. Med Stolthed kan vi ogsaa nævne Colding, Julius Thomsen, Lorens, la Cour for at blive ved dem, som ikke mere er i Live. I denne Sammenhæng bør vi ogsaa nævne Søren Hjorths Angivelse af Dynamoprincippet.

Det kan naturligvis ikke lade sig gøre at gaa i Enkeltheder vedrørende Fysikkens Udvikling siden Ørsteds Tid, men jeg kan dog ikke lade være med at omtale et Par af de Begivenheder, som har sat Fysikernes Sind i Bevægelse i de sidste Aar.

Den ene af disse Begivenheder er Spaltningen af Grundstoffer. Jeg kommer saaledes lidt ind paa Kemien, men det maa være fuldt berettiget ved denne Lejlighed, thi Ørsted begyndte som Farmaceut, og som jeg tidligere har omtalt, dyrkede han Kemien og indlagde sig Fortjenester derved. Efter Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen gik Fysikken og Kemien forøvrigt snart hver sine Veje, og hertil bidrog maaske i særlig Grad, at Fysikerne ved Ør-

Digitized by Google

steds Opdagelse var blevet saa travlt beskæftiget med Opgaver, som ikke havde meget med Kemi at gøre. En Forandring indtraadte heri, da den fysiske Kemi og specielt Elektrokemien udviklede sig som særlige Videnskaber, og efter at Arrhenius havde fremsat sin Dissociationsteori, blev kemisk Forskning uløselig knyttet til elektriske Kræfters Sammenspil.

Ordet Grundstof har ikke altid haft samme Betydning som nu. Ørsted ansaa saaledes Æggehvide for at være et Grundstof, da det, som han selv siger, er det Stof, hvoraf ethvert Dyr udvikler sig, og hvoraf Kemien viser, at alle andre Stoffer lader sig udvikle. Senere lod man som bekendt Ordet Grundstof betyde et Stof, som man ikke ved Hjælp af kemiske Metoder kunde spalte i Stoffer med forskellige Egenskaber. Det er indtil de sidste Aar lykkedes Kemikerne at isolere over 80 forskellige Grundstoffer Brint, Helium, Ilt, Guld, Sølv, Platin o. s. v., der hver har sine karakteristiske Egenskaber, f. Eks. hver sin Atomvægt, som Kemikerne har bestemt med den største Nøjagtighed. Ordnede man de forskellige Grundstoffer i en vis periodisk Rækkefølge, blev Grundstoffer med beslægtede Egenskaber samlede i samme Gruppe, og man førtes saaledes til den Slutning, at hvis man blot kunde opdage endnu 5 Grundstoffer foruden de kendte, vilde man have Kendskab til alle eksisterende Grundstoffer.

Saa kom de radioaktive Processer med hidtil uanede kraftige Hjælpemidler. Nogle Grundstoffer som f. Eks. Radium viste sig at være ubestandige, dets Atomer spaltedes ved en Art Eksplosioner, saa nogle ganske smaa Partikler for ud fra Moderatomet med uhyre Hastigheder paa lignende Maade, som naar en Kugle farer ud fra et Maskingevær. Den udskudte Partikel var enten en Elektron eller et Heliumatom, og Resten, som blev tilbage, det forløste Moderatom, var nu en Del af et Grundstof med ganske andre Egenskaber end de oprindelige. Paa denne Maade lærte man en hel lang Række nye Grundstoffer at kende.

Men ikke nok hermed. Bombarderer man Grundstoffer som Kvælstof eller Ilt med Projektilerne fra et radioaktivt Stof, faar man disse gammelkendte Grundstoffer spaltet i andre gammelkendte med mindre Atomvægt. Grundstofferne er altsaa ikke mere uspaltelige, og den Tid er maaske ikke mere saa fjern, da de gamle Alkemisters Drøm gaar i Opfyldelse, og man bliver i Stand til at

Digitized by Google

fremstille Guld af et mindre ædelt Stof f. Eks. Bly. Skulde man virkelig naa saa vidt, er det jo yderst interessant, men jeg maa dog sige, at der for Tiden ikke er noget som helst, der tyder paa, at en Guldfabrik vil kunne betale sig.

Allerede fra D a l t o n s og Ørsteds Tid har man været vant til at betragte et Grundstofs mindste Bestanddele, Atomerne, som værende ganske ens, altsaa ogsaa som havende samme Vægt. Dette udtrykkes f. Eks. derved, at man angiver ganske bestemte Tal for Grundstoffernes Atomvægte. Kloret har f. Eks. Atomvægten 35,46, naar Iltens Atomvægt vilkaarlig sættes lig med 16,000. Dette gamle Princip om de ganske ens Atomer er nu blevet omstødt ved de allersidste Aars Undersøgelser. Gennem radioaktiv Forskning blev det vist, at der eksisterer flere Slags Bly. Hver Slags har sin bestemte Atomvægt, men smelter man de forskellige Slags sammen, faar man en Legering, som man ikke atter kan skille i sine Bestanddele ved de almindelige kemiske Metoder. Legeringen fremtræder som et Grundstof, skønt den i Virkeligheden er en Blanding af flere.

Ved Undersøgelser af anden Art er det nu lykkedes at paavise, at noget ganske tilsvarende gælder for en Del andre Grundstoffer, ja formodentlig for næsten alle, saa næsten hvert eneste Grundstof er en Blanding af flere med forskellige Atomvægte. Derved bliver Antallet af Grundstoffer flere Gange større, end vi hidtil har troet, det hele bliver mere kompliceret, det enkle i Naturen, Aanden i Naturen, synes at flygte fra os. Det er dog kun tilsyneladende. Thi selv om Grundstoffernes Antal maa anses for at være meget stort, har vi god Grund til at vente, at Rækken af deres Atomvægte vil frembyde en storslaaet, hidtil uanet Ensartethed. Sætter man vilkaarlig Iltens Atomvægt lig med 16,000, skal vi ikke mere sige, at Klorets Atomvægt er 35,46, men vi maa i Følge de foretagne Undersøgelser sige, at een Slags Klor har Atomvægten 35,00, og en anden Slags Klor har Atomvægten 37,00, men disse to Slags er i Tidernes Morgen blevet blandet i et saadant Forhold, at Atomvægten altid fremtræder som det kendte brudne Tal 35,46. Vi er nu ved det interessante Punkt, thi saa vidt Undersøgelserne hidtil er gaaet, har det vist sig, at de enkelte Atomvægte fremtræder som hele Tal, altsaa ikke brudne. Denne Ejendommelighed synes at vise, at alle Grundstoffer er opbygget af Enheder af samme Art

Digitized by Google

og samme Vægt, at de alle er dannet af en fælles Ursubstans. Denne Tanke er ikke ny, men vi har ikke før nu kunnet støtte den med eksperimentelle Kendsgerninger. Vi har nu faaet Midler i Hænde, der kan fortælle os noget om Stoffernes Tilblivelseshistorie fra hin fjerne Tid, da Gud paa den første Dag skabte Himmel, Jord og Lys.

De nye Undersøgelser, som jeg her har berørt ganske kort, er hovedsagelig blevet udført i England af Sir Ernest Rutherford eller under hans Ledelse, og det er mig en Glæde at kunne meddele, at Sir Ernest om en fjorten Dages Tid selv vil fortælle derom, da han har modtaget en Indbydelse fra Danmarks Naturvidenskabelige Samfund til at holde nogle Foredrag her i Byen.

For Ørsted som Fysiker spillede jo Filosofien en meget stor Rolle, og det er interessant at se, hvorledes Einsteins Relativitetsteori, der i de sidste Aar har sat Sindene i saa stærk Bevægelse, er halvt af fysisk, halvt af filosofisk Art. Relativitetsteorien ændrer eller rettere uddyber vor Opfattelse af Tid og Rum, Stof og Energi, og den har allerede givet mange interessante Resultater.

Eksempelvis kan jeg nævne, at den fører til, at et Vægtlod er tungere, naar det er varmt, end naar det er koldt, idet den Energi, som man maa tilføre Loddet for at faa det opvarmet, besidder en vis Masse, som er proportional med Størrelsen af den tilførte Energimængde. Masse og Energi er uløseligt forbundne, saa hvor der findes Masse, findes der ogsaa Energi og omvendt.

En Lysstraale indeholder jo som bekendt Energi, og det Rum, hvor Lysstraalen befinder sig, maa altsaa indeholde Masse, selv om Rummet ikke indeholder noget som helst Stof. Standses eller tilbagekastes Lysstraalen af et Legeme, som den træffer, vil Straalen udøve et Tryk paa Legemet, ligesom en Vandstraale vilde gøre det, da Lysstraalen jo ogsaa indeholder Masse, hvis Bevægelse standses af Legemet. Dette Straalingstryk har længe været kendt.

En Lysstraale, som kommer fra en Stjerne, og som paa sin Vej til os passerer lige forbi Solen, vil blive tiltrukket af Solen, da denne jo tiltrækker al Masse og altsaa ogsaa Lysstraalen. Lysstraalen bøjes altsaa ved at passere tæt forbi Solen, og denne Afbøjning blev paavist ved en Solformørkelse for godt et Aar siden, og Afbøjningens Størrelse fandtes at stemme med Teorien.

Denne interessante Sammenhæng mellem Masse og Energi kan

Digitized by Google

give os meget at tænke paa. Der er saaledes den gamle Sætning om Stoffets Uforgængelighed. Er den nu rigtig? Hvis vi, som vi hidtil har gjort, maaler Stofmængden ved Stoffets Masse eller Vægt, kan Sætningen ikke være helt rigtig, thi noget af Massen kan jo i Form af Straalingsenergi forsvinde bort i det tomme Rum. De heraf betingede Variationer kan man imidlertid se bort fra i de allerfleste Tilfælde, selv om f. Eks. Solens Masse aftager med omtrent 5 Millioner Tons i hvert Sekund.

Jeg skal afholde mig fra at komme ind paa selve Relativitetsteorien. Til at gøre den begribelig for et Auditorium hører en Einsteins Fremstillingskunst og Begejstring, og det er mig derfor kært at kunne sige, at Einstein ventelig i Februar vil holde en længere Række Forelæsninger her i Byen ogsaa efter Indbydelse fra Danmarks Naturvidenskabelige Samfund.

Naar vi nu i disse Dage fejrer Elektromagnetismens Opdager, Hans Christian Ørsted, ved Fest paa Universitetet, ved Fester i alle Landets Skoler og ved Afholdelse af nordiske Møder, bliver Ørsted fejret paa en saa storslaaet Maade, som vel aldrig før er blevet nogen dansk Naturforsker til Del. Det er utvivlsomt berettiget, thi siden Ørsteds Død har der været ret stille om hans Navn, og vi maa dog erkende, at ingen dansk Daad, man nævne hvilken man end vil, har bragt Menneskeheden saa store Velsignelser, som Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen har bragt.

H. C. Ørsted og dansk Aandsliv.

Tale holdt ved Universitetsfesten den 1. September 1920.

Af

Harald Høffding.

Hans Christian Ørsted har kaldt Aaret 1820 det lykkeligste Aar i sit videnskabelige Liv, og efter den store Betydning, hans Opdagelse fik for Naturvidenskaben, og den Ære, den bragte ham og det Land, hvis Søn han var, er det fuldt forstaaeligt. For det

Digitized by Google

Emne, det er overdraget mig at tale om, vil det være naturligt at se tilbage paa hans Udvikling og hans Tankeliv i de Aar, der gik forud, og derpaa kaste et Blik paa hans Arbejde og hans Bestræbelser i de Aar, som fulgte efter. Derved vil vi kunne komme til at se, hvilken Betydning han har haft for dansk Aandsliv, ogsaa udover hans specielle Forskningsomraade.

I sin første Ungdom var Ørsted, som saa mange andre Unge herhjemme, stærkt paavirket af den fra Tyskland stammende romantiske Bevægelse og den Fylde af snart dybsindige, snart vilkaarlige og fantastiske Idéer, som den førte med sig. For et lille Folk er der en Fare i en saadan udefra kommende stærk Bevægelse. Det kommer an paa, om der i Folket, og særlig hos dets aandelige Ordførere er Selvstændighed nok til at kunne modtage, hvad der har Værdi, og bearbejde det paa ejendommelig Maade. De tc Brødre Ørsted, den store Jurist og den store Fysiker, staar som store Vidnesbyrd om, at der herhjemme var en saadan Selvstændighed. De var begge stærkt paavirkede af de nye Tanker, men vidste hver paa sit Omraade at lede dem ad Veje, der kunde føre til frugtbar Forskning. I H. C. Ørsteds første Arbejder er der mange fantastiske Konstruktioner. Han siger selv i et Brev, at der var en Tid, da han lod sig lede af skuffende Teorier, og at han kun sent har vendt dem Ryggen, og han priser sin Dovenskab, der gjorde, at han i den Periode ikke skrev mere, end han gjorde. Men han fandt hos den romantiske Bevægelses Ordførere betydningsfulde Tanker, »Lynglimt til Vejledning«. Det var især Tanken om Naturen som et Hele og om en indre Sammenhæng mellem alle Naturkræfter og Naturformer, som han fastholdt, og som fik Betydning for hans Forsken. Naar han senere hævdede, at hans store Opdagelse ikke var et Værk af Tilfældet, men var Følgen af en Tankegang, han havde fremlagt i sine tidligere Skrifter, saa tænker han herved ogsaa paa de Ideer, der ledede ham i hans tidligere Tid. Overfor sin Ven Oehlenschläger, der hastig og utaalmodig havde vendt Romantiken Ryggen, med Haansord overfor sine tidligere Lærere, udtaler Ørsted, at en Skole forlader man kun paa rette Maade, naar man viser, at man ikke længere behøver at gaa i Skole. Selv vendte han sig fra Spekulationens Fantasiverden til den eksperimentale Forsken, der ene kunde godtgøre Idéernes Gyldighed i Erfaringens Verden. Opdagelsen 1820 var

Digitized by Google

for ham Bekræftelse af Tanker, han længe havde næret, selv om han naturligvis ikke kunde ane, paa hvilken speciel Maade denne Bekræftelse vilde fremtræde. Derved viser der sig en Harmoni i hans Udvikling, et karakteristisk Træk i hans aandelige Liv. Skønt han, som han selv siger, undertiden kunde have for stor Tilbøjelighed til at leve i den rene Tankes Verden, saa fandt han stedse Vejen tilbage til Erfaringen. I en vis Forstand vedblev han dog hele sit Liv at være Romantiker. I et Brev fra 1808 siger han: »Jeg filosoferer, eksperimenterer og gør Vers.« For Romantiken skulde netop Filosofi, Naturvidenskab og Poesi gaa i eet tilsidst, og denne Forudsætning kom Ørsted egentlig aldrig ud over, selv om han anvendte den paa forskellig Maade. Det følgende vil føre os tilbage til dette Punkt.

Vender vi os nu til den Del af Ørsteds Levetid, der ligger efter hint lykkelige Aar, finder vi, at han naturligvis fortsætter sine eksperimentale Arbejder, men at der intet fremkommer, som kunde sættes ved Siden af Opdagelsen af 1820. Der er (i Historikeren Werlauffs Selvbiografi) rettet den Bebrejdelse mod ham, at han ikke i sine senere Aar koncentrerede sig om et større Arbejde, men spredte sine Kræfter og sin Tid ved Overtagelse af mange forskellige Hverv og ved sin Iver for at popularisere sine Idéer. I en vis Forstand er dette sandt. Men naar vi nærmere ser paa hans mangesidige Virksomhed i denne Periode, kommer vi netop til det, der har givet ham saa stor Betydning i dansk Aandsliv. — Det er to Grupper af Bestræbelser, der her fremtræder for os.

Ved Grundlæggelsen af polyteknisk Læreanstalt var det hans Tanke, at det industrielle Arbejde skulde fuldkommengøres gennem Uddannelse af Arbejdsledere med fuld Indsigt i de Naturlove, der ligger til Grund for dette Arbejde. Derved vilde Arbejdet føre til bedre Resultat. Men Ørsteds Tanke gik videre endnu. Ikke blot hvad Lederne angaar, vilde der, mente han, komme en gavnlig Vekselvirkning mellem Videnskab og Industri. Ogsaa Arbejderne vilde kunne komme til at øve deres Virksomhed med Forstaaelse af, hvad det er, de gør, og hvorfor de gør det. Medens den hidtil sædvanlige, overvejende litterære Dannelse vanskelig bliver den arbejdende Klasse tilgængelig og let fører dem ind i svævende Tanker og indholdsløse Teorier, forholder det sig, mente han, anderledes med den naturvidenskabelige Dannelse. Denne slutter sig tæt

Digitized by Google

om selve Arbejdet og fører til Forsøg og Handling, som saa igen kan føre videre til frugtbar Eftertanke. Ørsted venter sig ogsaa heraf den Virkning, at Arbejderne ikke saa let »forledes til at tage Del i religiøse og politiske Partier, hvorved de forvandles fra nyttige til unyttige, ja, skadelige Medlemmer af Samfundet«. Denne Udtalelse, der er et af de mange Vidnesbyrd om Ørsteds store Optimisme og som fremkom i den Tale, ved hvilken han 1829 i Nærværelse af Kong Frederik den Sjette aabnede den polytekniske Læreanstalt, har for os, der ikke har set Profetien gaa i Opfyldelse, Interesse ved den Vægt, den lægger paa det industrielle Arbejdes nøje Sammenhæng med Forstaaelsen af Naturlovene, ikke blot hos Lederne, men hos selve Arbejderne. Hvad Ørsted har antydet, er i de senere Aar ført videre ved Oprettelsen af Teknologisk Institut, hvor selve den praktiske Tekniks Mænd vejleder Arbejderne i de specielle Fags Love og fører dem til klarere Forstaaelse af deres Gerning. Ørsteds Idé om den nøje Sammenhæng mellem Tanke og Arbejde og om Tankens Udbredelse gennem Forstaaelse af selve Arbejdet, faar ogsaa her sin Anvendelse.

Mere direkte virkede Ørsted for Udbredelsen af naturvidenskabelig Kundskab gennem Stiftelsen af Selskabet for Naturlærens Udbredelse, gennem Foredrag, han en Række af Aar holdt om Fremskridt i Fysiken, og gennem sin Deltagelse i de Forhandlinger, der førte til en Reform af de højere Almenskoler, særlig til en i Forhold til tidligere Tiders Skoleordning grundigere Undervisning i Naturvidenskab. Paa dette Punkt fandt der et smukt Samarbejde Sted mellem Ørsted og Madvig.

Til Grund for alle disse Bestræbelser laa hos Ørsted en levende Overbevisning om Naturvidenskabens Betydning for almindelig Dannelse. »Det hører,« siger han i et Brev (1836), »til mine Planer som Fysiker at gøre det paa alle Maader indlysende, at Naturvidenskaberne bør udgøre en væsentlig Bestanddel af almindelig Dannelse.« Vel er han klar over, at Naturvidenskaben stedse har øvet sin Indflydelse paa Menneskenes Verdensanskuelse; men den Indflydelse er dog endnu, mener han, i sin første Begyndelse. Flertallet af Mennesker lever endnu i en Naturopfattelse, der skriver sig fra Menneskehedens Barndom, og som man gruer for at forlade, fordi Fantasien nu engang har udformet den i anskuelige Billeder. Øjemedet med hans Bog »Aanden i Naturen« var udtryk-

Digitized by Google

kelig det at frembringe en Forandring heri. Hverken Religion, Poesi eller Filosofi kan udvikle sig paa rette Maade, uden at den Overbevisning om Tilværelsens store, lovmæssige Sammenhæng, som Naturvidenskaben fører til at fremkalde, danner det stadige Grundlag.

Videnskaben fører til at erkende Tilværelsens almindelige Love og den Fornuftsammenhæng, som kundgør sig gennem dem. Naturlovene er Naturtanker. De er Udtryk for en Enhed i alt, en uendelig Fornuft, der ligger til Grund for alt, og som Religionen i sit Sprog kalder Guds Villie. Det er Overtro at antage, at der i Naturen kan foregaa noget, som er i Strid med Naturens Love.

Denne Opfattelse, der i Ørsteds unge Dage førte ham i Strid med Grundtvig og i hans Alderdom i en Strid med Biskop Mynster, forudsætter ifølge Ørsted ikke, at vor Erkendelse er fuldendt. Der er stedse ny Sandhed at vinde. Og selve Videnskabsdyrkelsen er en Art Religionsdyrkelse. Men paa intet Punkt maa vore Ønsker og Forhaabninger paa Forhaand afgøre, hvad der er Sandhed. I denne Sammenhæng udtaler Ørsted de bekendte Ord:

»Maatte vi ikke skamme os i vort Inderste, naar vi greb os selv i at ville have en anden Sandhed end den virkelige? .... Lader os give Sandheden Æren! Med den er det gode uopløselig forbundet. Den fulde Sandhed bringer selv sin Trøst med sig!«

Disse Ord er i højeste Grad karakteristiske for Ørsted. De viser os paa en Gang hans intellektuelle Begejstring og hans store Optimisme. Thi naar opnaas den fulde Sandhed, og er det muligt for alle Mennesker at vente paa den Trøst, som først da kommer, om den kommer? Her ligger det religiøse Problem, saaledes som det i de senere Aar stedse klarere har udviklet sig. Det er netop de menneskelige Ønskers Forhold til den Sandhed, som til given Tid kan erkendes, der stiller Problemet. Dette er gaaet over fra at være et intellektuelt Problem til at staa som et psykologisk-historisk Problem.

Den anførte Ytring af Ørsted faar en nærmere Belysning ved hans Forhold til Poesien. I et Brev til H. C. Andersen (1834) udtaler han: »Den af Digteren fremstillede Verden skal, med al dens Friskhed og Dristighed, dog beherskes af de samme Love, som det aandelige Øje opdager i den virkelige Verden.« Der maa derfor ikke skildres Dissonanser, Vildskab og Djævelskab, uden at det

Digitized by Google

vises, hvorledes de mørke og vilde Magter kan overvindes. Det disharmoniske var for Ørsted tilsidst Et med det mod Naturens Love stridende og derfor stridende mod Sandheden. Sandhed og Harmoni hørte for ham uadskillelig sammen.

I sine sidste Aar indrømmede han overfor den svenske Forfatterinde Frederika Bremer, at han maaske ikke havde ladet Livets mørke Sider, Smerten og Sorgen, komme til deres Ret i sin Livsanskuelse, og han lovede Bod og Bedring. Det var dog, selv om han havde levet længere, neppe kommen til nogen Forandring i hans Opfattelse af Livet. Og vi maa tage ham, som han var. Han var en Lysnatur, og Troen paa Livets Harmonier udsprang af hans Inderste. Som han staar for os, er han en af de lyseste og lykkeligste Skikkelser i dansk Aandsliv, og hans Tro paa Lysets og Sandhedens Magt laa ikke blot til Grund for hans store videnskabelige Arbejde, men ogsaa for den Indflydelse, han har øvet paa dansk Aandsliv. Med Rette kunde J. L. Heiberg skrive til ham (1825): »Ingen af vore Videnskabsmænd betragter Kunst, Videnskab og Mennesker fra et saa omfattende Synspunkt som De.«

Vi fejrer ham, og vi elsker ham, ikke blot fordi han ved sin store Opdagelse har beriget Videnskaben og gjort vor Land Ære, men ogsaa fordi han i sin Personlighed paa en sjælden Maade forenede Humanisten og Naturforskeren, og fordi hans egen Lystrang førte ham til at vie sit Folk og dets Aandsliv nogle af sine bedste Kræfter.

H. C. Ørsteds Udenlandsrejser.

Foredrag i Selskabet for Naturlærens Udbredelse d. 2. Septbr. 1920.

Af

M. C. Harding.

Naar jeg i Dag skal have den Ære for denne nordiske Forsamling at tale til Minde om H. C. Ørsted i hans gamle Selskab for Naturlærens Udbredelse, vilde det have ligget lige for at tale om Ørsteds Virksomhed for Udbredelse af Naturkundskab. Dette Emne tager imidlertid i meget væsentlig Grad Sigte alene paa danske Forhold. Det er desuden indgaaende bleven behandlet af Fru Dr. Kirstine Meyer i det i disse Dage udkomne Værk, omfat-

Digitized by Google

tende H. C. Ørsteds naturvidenskabelige Skrifter, og vil antagelig blive fremdraget paa ny, naar dette Selskab om nogle faa Aar naar den anselige Alder af 100 Aar, og naar en anden af de af H. C. Ørsted skabte Institutioner, den polytekniske Læreanstalt, ligeledes i en ikke fjærn Fremtid passerer det samme Alderstrin. Jeg har derfor tænkt mig, at et Emne, der mere peger ud ad til, ud mod den store Verden, kunde paaregne større Interesse i denne Forsamling, og vil derfor fremdrage nogle Træk fra Ørsteds Udenlandsrejser.

Studierejser har altid haft og har endnu stor Betydning for Videnskabsmænd, maaske næppe saa meget ved Indsamlingen af videnskabelige Kendsgerninger som ved de Impulser, den personlige Berøring med fremmede Videnskabsmænd giver. Ørsted har selv paa en af sine Rejser udtalt sig om dette Spørgsmaal. Han skriver i Brev fra Paris i 1813 til Broderen Anders Sandøe Ørsted: »Foruden det materielle Udbytte Rejsen giver, tjener den ogsaa til at udvide Synskredsen, især for Folk af min Art, der gerne overser Ting, naar de ej fra mange Sider lægges dem paa Hjerte. Jeg ser iøvrigt, hvad man ogsaa kan vide uden at have rejst, at det intetsteds gaar til, som det burde; men man erindres kraftigere derom ved at se saavel det gode som det slette under saa mange Former.«

Ørsteds første Udenlandsrejse, der foregik fra Sommeren 1801 til Begyndelsen af 1804, overskygger alle de andre saavel i Varighed som i Betydning for hans Udvikling. Den foregik i en højst bevæget Tid. Kort forinden havde Kanonerne tordnet det nye Aarhundrede ind i Slaget paa Københavns Red, og Ørsted havde stillet sig til Raadighed for sit Fædrelands Frelse. Ude i den store Verden var Tiden lige saa bevæget. Den nyere Filosofi, siger Ørsted i sin Autobiografi, havde givet Aanderne et nyt Sving og opvakt mange Anelser om en højere Indsigt, og Volta havde sat sin Støtte som Grænseskel mellem det gamle og det nye Aarhundredes Naturlære. Ørsted rejste ud med Understøttelse af det Cappelske Legat og af Fonden ad usus publicos. Han havde Anbefalingsskrivelser med i Lommen fra sin Ven og Raadgiver Professor Manthey, hvis Apotek, Løveapoteket her i Byen, Ørsted umiddelbart forinden havde bestyret under Mantheys Udenlandsrejse. Ørsted drog ud med et vaagent Øje

Digitized by Google

for alle Livets Forhold og med det største Begær efter at lære alt nyt og godt at kende, ikke alene paa sine egne Studiefags Omraader, men paa alle Felter af Aandslivet. Og at han har haft Øjnene med sig, derom vidner det overstrømmende Materiale, som foreligger om denne Rejse fra hans egen Haand. Materialet er saa stort, at det kun kan blive ganske enkelte Træk, der her kan fremdrages.

Ørsted drog ud over Kiel, den sædvanlige Vej, som danske dengang benyttede, naar de agtede sig til det sydlige Udland. Rejsen i Nordtyskland var yderst besværlig. Den foregik med Heste og Vogn fra By til By. Landevejene var yderst slette. »Man maa være Vognmændene meget forbundne, naar de vil køre bravt langsomt,« skriver Ørsted i sin Rejsedagbog. Det var endog saa slemt, at da en af Rejseselskabet fandt paa at opmuntre Kusken til at køre stærkt, blev Følgen den, at en Mand, der var med, og hvis Helbred ikke var det bedste, fik Blodspytning.

I Hameln stoppede Ørsted op for at besøge Kemikeren Westrumb. »Opdraget til Apoteker efter det gamle Tilsnit, det er med andre Ord temmelig slet, havde han arbejdet sig frem,« saaledes begynder Ørsted sin Skildring af Westrumb, og han fortsætter: »Westrumb har megen Levemaade eller er rettere sagt galant, en Sag, der altid sætter mig i Forlegenhed, da jeg ikke ved at gengælde alle disse Udtryk, som dog ingen Betydning har; imidlertid hænger der dog lidt efter lidt mere ved, saa at jeg tilsidst kan gøre Tingen taaleligt med.«

Westrumb havde gjort en Række tekniske Opfindelser; han havde saaledes indført Forbedringer i et stort Blegeri i Bielefeldt; men han mødte mange Genvordigheder. Arbejderne i Bielefeldt vilde ikke arbejde efter hans Metode og gjorde Strejke, og for at sikre sig mod Strejkebrydere, aflagde de alle som een Ed paa, at de ikke vilde arbejde for Westrumb, og til yderligere Bekræftelse heraf gik de til Alters. Det lykkedes dog Westrumb, fortæller Ørsted, at faa Strejken hævet, men en Munk (Arbejderne var katolske) maatte først løse dem fra deres Ed. Overfor sine Fagfæller stod Westrumb isoleret, og da han bad Ørsted offentliggøre nogle Resultater af hans kemiske Undersøgelser, maatte Ørsted gøre det med største Forsigtighed for ikke selv at komme i Forlegenhed overfor Kemikerne i Berlin,

Digitized by Google

som ikke kunde lide Westrumb. Jeg har nævnt denne lille Beskrivelse, fordi den viser os Ørsteds Evne til at iagttage og berette; den viser os tillige et Karaktertræk hos Ørsted, der fik stor Betydning for ham, nemlig hans Evne til at vinde Folks Fortrolighed.

Før Ørsted drog ud, havde han udført en Række galvaniske Forsøg og konstrueret en nyt galvanisk Batteri. Dette førte han med sig paa Rejsen. Tiden var ladet med Interesse for Galvanisme, og overalt hvor Ørsted kom frem, maatte han »galvanisere« for de Videnskabsmænd, han besøgte. Det gik saa vidt, at han var glad for, da han kom til Göttingen, at kunne laane Gmelin Apparatet, »thi uagtet mit Batteri skaffer mig adskillige behagelige Timer, finder jeg dog, at jeg taber altfor megen Tid ved det, da jeg ikke kan bare mig for at arbejde dermed, naar ingen er tilstede, hvorved jeg vel har gjort adskillige nye Iagttagelser, men let kunde opholdes altfor længe paa min Rejse.« I Göttingen delte Ørsted sin Interesse mellem Blumenbach og Gmelin. Ørsted havde et fint Øje for andres Ejendommeligheder. Han fortæller om Forskellen mellem de to: »Da jeg aflagde Gmelin min Afskedsvisit, tilbød jeg ham min Tjeneste, naar jeg kom til København, f. Eks. ved at skaffe ham norske Mineralier. Gmelin bukkede, takkede ærbødigst og tilbød mig ikke nogen Gentjeneste. Førend jeg endnu fik Lejlighed til at gøre Blumenbach noget Tilbud, tog han mig i Haanden og bad mig henvende mig til ham, naar jeg behøvede nogen Tjeneste af ham i Göttingen.«

I Weimar boede paa det Tidspunkt en højst mærkelig Mand, Johann Wilhelm Ritter, hvis galvaniske Afhandlinger Ørsted kendte fra Hjemmet, og som han længtes efter at stifte Bekendtskab med. »Ritter havde lidt en for Videnskabsmænd ikke ualmindelig Skæbne, at andre havde tilegnet sig hans videnskabelige Opdagelser som deres egne, derfor var han meget forbeholden.« Det lykkedes Ørsted hurtig at sætte sig paa en fortrolig Fod med Ritter allerede den første Dag. Og hele næste Dag tilbragte Ørsted hos Ritter, der viste ham sine mærkværdigste Forsøg. Ritter levede et meget uregelmæssigt Ungkarleliv; en af hans nærmeste Venner var Byens Præst, »en meget munter Mand, hvis Spøg undertiden er vel fri.« Præsten bad Ørsted om, at han for Guds Skyld ikke maatte tro, at de andre Præster

Digitized by Google

der paa Egnen var lige saa ryggesløse som han selv. Ørsteds første Besøg hos Ritter fandt Sted i September 1801. I Efteraaret samme Aar var han igen en kort Tid hos ham, og i August næste Aar tilbragte han hele 3 Uger hos Ritter, der nu var flyttet til Jena, hvor Hertugen af Gotha havde skaffet ham gunstige Arbejdsvilkaar. Ørsted var tidlig og silde hos Ritter, der arbejdede med den største Iver. Ørsted fortæller, at Ritter tog Zink- og Sølvplader med sig i Sengen for uforstyrret at kunne undersøge Galvanismens Indvirkning paa Øjet. Ritter havde før Volta vist, at man kan sammensætte en galvanisk Kæde af lutter uorganiske Stoffer, men Meddelelsen herom havde ikke vakt nogen Opmærksomhed blandt Videnskabsmændene. Skuffelsen herover har uden Tvivl paavirket Ritters Syn paa Volta. I et af sine første Breve til Ørsted skriver Ritter: »I Halle var der intet Nyt om Volta, og det forekommer mig, at der heller ikke vil komme noget. Hvad der er bekendt af ham, er sandsynligvis ikke det daarligste, men det bedste, og saa har han denne Gang, den gode Volta, forløbet sig en Smule. En Mængde af hans smukkeste Slutninger reducerer sig til følgende Fundamentalslutning: A er A, B er B, følgelig er A = B. Man kan udtale dette saa hurtigt efter hinanden, at ingen opdager det meningsløse deri.« —

I sit Skrift »Beyträge zur nähern Kenntniss des Galvanismus« giver Ritter et smukt Vidnesbyrd om Samarbejdet med Ørsted, der havde delt med ham en god Portion Taalmodighed, og uden hvis Hjælp Arbejdet næppe vilde være kommet videre.

Ritter drev galvaniske Forsøg med største Kraft og beskæftigede sig bl. a. ogsaa med Spørgsmaalet om Forholdet mellem Elektricitet og Magnetisme. Han var en Tid af den Mening, at den galvaniske Søjle selv var en Slags Magnet. Det er ikke urimeligt at antage, at Ørsted har deltaget i Ritters Overvejelser og Forsøg paa dette Punkt og saaledes paa et meget tidligt Tidspunkt er bragt ind paa et Spørgsmaal, til hvis Løsning, han henved 20 Aar senere ydede et saa værdifuldt Bidrag.

Da Ørsted i den paafølgende Vinter opholdt sig i Paris, søgte han paa alle Maader at gøre den franske lærde Verden bekendt med Ritters Opdagelser, og da denne havde opfundet sin

Digitized by Google

Ladningssøjle, søgte Ørsted at udvirke, at Nationalinstitutets Pris paa 3000 fr. blev tilkendt Ritter. Ørsted oversatte Ritters Beretning om de af ham gjorte Opdagelser paa Fransk, og han gjorde det saa godt, at Ritter bedre forstod Ørsteds Oversættelse end sin egen Original. Nationalinstitutet nedsatte en Kommission til Bedømmelse af Ritters Arbejder. Kommissionen interesserede sig mest for Ritters Opdagelse af, at Jorden havde to elektriske Poler, ligesom den havde to magnetiske. Ørsted prøvede at gentage for Kommissionen de Forsøg, hvorpaa Ritter byggede sin Paastand. Det mislykkedes, Ritters Paastand viste sig fejlagtig, og Prisen gik ham forbi.

Ritter og Ørsted saas ikke senere, men de vedblev at holde en livlig Forbindelse vedlige gennem Breve. Ritters mange Breve til Ørsted er opbevarede paa Universitetsbiblioteket her i Byen og er nu i disse Dage blevne offentliggjorte. De giver mange Oplysninger om Ritters ejendommelige Maade at arbejde paa og et Indblik i hans mange vilde Spekulationer. Af Brevene kan man slutte, at Ørsted vedblev at være Ritter en trofast Ven, selv da denne sank dybere og dybere ned i Fattigdom. I Ritters sidste Brev, skrevet efter hans Diktat paa Dødslejet, har Ritter selv med Blyant tilføjet en sidste Hilsen til Ørsted: »Ich umarme Dich herzlich.«

Vinteren 1801—02, altsaa Vinteren før sit sidste Besøg hos Ritter, tilbragte Ørsted i Berlin og havde her den rigeste Lejlighed til at mødes med Byens store Aander paa Videnskabens, Litteraturens og Kunstens Omraade. Han arbejdede i Hermbstädts Laboratorium med teknisk-kemiske Emner, og dermed kan sikkert sættes i Forbindelse, at han paa dette Tidspunkt udarbejdede en Plan til Oprettelsen af et teknisk-kemisk Institut i København, og hans Plan om en højere teknisk Skole i Danmark begynder at dæmre.

Ørsted interesserede sig i Berlin stærkt for Winterls nye kemiske System. Fru Dr. Meyer har i sit Værk givet en værdifuld Skildring af Ørsteds Forhold til Winterl, et Forhold, der bragte Ørsted mange Skuffelser og vel nok medvirkede til, at Mænd som Davy og Berzelius i mange Aar, indtil Ørsted ved sin elektromagnetiske Opdagelse havde vundet

Digitized by Google

den videnskabelige Verdens Højagtelse, holdt sig noget paa Afstand fra ham.

Ørsted drog ned over München og videre til Paris. I München var navnlig Besøget hos Franz Baader af stor Interesse. »Han driver aldeles paa,« skriver Ørsted om ham, »at den moralske og fysiske Natur paa det nøjeste hænger sammen, og at Fysikken uden en saadan Forbindelse egentlig ikke har nogen Værdi. Han stemmer i denne Henseende med Ritter og jeg med begge.«

Vi følger Ørsted videre paa hans Rejse til Paris. Hans Dagbog fra denne By giver det samme Indtryk som før: et vaagent Øje for alt. Han hører Forelæsninger hos Fourcroy, Vauquelin, Thénard, Charles, Cuvier og Berthollet. Ørsted er til at begynde med noget reserveret overfor de franske Lærde: »Det er langt lettere,« skriver han, »at opvække Interesse hos de Lærde i Nordtyskland end her. Imidlertid haaber jeg, at det skal gaa alt lettere og lettere, jo mere jeg faar erhvervet mig Styrke i Landets Sprog. Jeg lærer her dagligt meget over Kunsten at holde Forelæsninger, af Charles Maaden, hvorpaa de bør holdes og af Vauquelin, hvorledes de ikke bør holdes. . . . Jeg ser selv, hvormeget der har manglet mig i denne Kunst, eller rettere, at jeg slet ikke har vidst af den; men naar jeg har gennemgaaet den Skole, jeg nu har begyndt, haaber jeg at komme klogere tilbage.«

I sine Fritimer i Paris arbejdede Ørsted paa en Afhandling over Ufuldkommenhederne i Datidens kemiske Kundskaber. Dette er antagelig Begyndelsen til det Værk, som Ørsted først naaede at faa udgivet under sin næste Udenlandsrejse i 1812—13. Efter sin Hjemkomst maatte Ørsted først og fremmest arbejde paa at konsolidere sin Stilling. Det lykkedes ham i 1806 at blive udnævnt til ekstr. Professor i Fysik ved Universitetet, men først i 1812 kunde han paany rejse ud.

Denne Rejse til Berlin og Paris maa vi gaa let over; jeg skal blot nævne, at til Ørsteds Ophold i Berlin knytter sig Udgivelse af hans ejendommelige og interessante Værk »Ansicht der chemischen Naturgesetze«, som Ørsted udarbejdede efter Opfordring af Statsraad Niebuhr. Bogens Indhold var Resultatet af mange Aars Overvejelser over de kemiske Stoffers og de kemiske

Digitized by Google

og elektriske Kræfters Natur, og den indeholder mange nye Tanker som i Svøb. Den vakte en Del Opmærksomhed i den videnskabelige Verden, men tillige hist og her nogen Modsigelse. Fru Dr. Meyer har i sit tidligere nævnte Værk givet en Analyse af Bogen.

De Lærde i Berlin paa dette Tidspunkt var Ørsted alt andet end tilfreds med. »Erman læser over Fysik uden Betaling, men ogsaa uden Eksperimenter. Hermbstädt holder et ganske godt Filisterkollegium over den anvendte Kemi og beiläufig over sine egne Fortjenester.«

Under Opholdet i Paris stiftede Ørsted Bekendtskab med den unge Kemiker Chevreul, med hvem han sluttede et Venskab, der holdt gennem hele Livet. Chevreul var en af de faa franske Videnskabsmænd, som kunde følge Ørsted i hans naturfilosofiske Betragtninger. I det sidste Brev til Ørsted kommer Chevreul ind paa sit eget og Ørsteds Syn paa det skønne i Naturen, han slutter med en Opfordring til Ørsted om at skrive ham mere til om det samme Emne »og vær endelig ikke bange for at være aabenmundet.«

Efter sin Hjemkomst fra denne Rejse havde Ørsted en Del travle Arbejdsaar, beskæftiget med Universitetsarbejde og videnskabelige Undersøgelser, først i 1822—23, altsaa nogle faa Aar efter hans Opdagelse af Elektromagnetismen, drager Ørsted ud paany. Formaalet med denne Rejse var ikke, som man havde kunnet vente, at drive elektromagnetiske Studier; det var de nye Undersøgelser over Lyset, han ønskede at gøre sig bekendt med, derfor rejste han til de Steder, som var Centrer for saadanne Undersøgelser: til Seebeck i Berlin, Arago, Biot og Fresnel i Paris, Wollaston, Young, Herschel i London og Brewster i Edinborg. Hans Rejse gik over Berlin og München. »Berlin har sine udmærkede Mænd i Faget,« skriver Ørsted, »Seebeck, Erman, Mitscherlich, Heinrich Rose, men fra Berlin til München paa en Rejse af omtrent 90 Mil, hvor jeg kom gennem 3 Universitetsbyer, har jeg ikke fundet een tilforladelig Kemiker eller eksperimentel Fysiker. Schweigger i Halle er et godt Hoved og en velstuderet Mand, men tillige et Rør, som bøjes hid og did af Vejret. Trommsdorff i Erfurt gør hvert Aar nye Bøger ved at afskrive bekendte tyske Værker, Kastner i Erlangen skriver tykke Bøger, som er møjsommelig samlede, men uden Dømmekraft, Yelin

Digitized by Google

i München eksperimenterer maadeligt og lyver meget, derimod har jeg fundet meget lærerigt hos Frauenhofer i München, saa jeg der har kunnet sysselsætte mig gavnligt i en 14 Dage.«

I Paris var der paa den Tid en Række dygtige Videnskabsmænd, som straks optog Ørsted i deres Kreds. En af de første, han opsøgte, var Arago. Denne havde vist Ørsteds elektromagnetiske Opdagelse den største Interesse.

Arago var i Genève, da Ørsteds Meddelelse om Opdagelsen af Elektromagnetismen kom frem; han overværede de Forsøg over Ørsteds Opdagelse, som en Række Videnskabsmænd, der paa dette Tidspunkt opholdt sig til Kongres i Byen, anstillede i de la Rives Laboratorium. Arago siger i sine Memoirer, at han straks ved Meddelelsens Fremkomst var overbevist om dens Rigtighed. Dette stammer ikke ganske med, hvad en anden tilstedeværende, Marcet, kort efter skrev til Berzelius, at Arago til at begynde med ikke troede et Ord af det hele; først da han gennem Forsøgene fik Sandheden stillet for Øje, blev han troende.

Straks efter sin Hjemkomst til Paris tog Arago fat paa at arbejde videnskabeligt paa det af Ørsted skabte Grundlag, og det maa siges til hans Ære, at han var en af de ivrigste til at udbrede Kendskab til Ørsteds Opdagelse. Allerede den 4. September 1820 gav han det franske Akademi Meddelelse om Opdagelsen, og en Uges Tid senere foreviste han Ørsteds Grundforsøg. Lidt senere i samme Maaned, den 25. September, kunde han meddele sin Opdagelse af den elektriske Strøms Evne til at gøre Jern magnetisk. Senere begyndte Arago sine optiske Forsøg, og vi ved fra et Brev fra den danske Matematiker von Schmidten til Ørsted, at Arago især bestræbte sig for at finde en Forbindelse mellem Lys og Elektromagnetisme. Ørsteds Øjemed med sine Rejser var jo netop at træde i Forbindelse med de mest fremtrædende Forskere paa Lyslærens Omraade, og det var derfor ganske naturligt, at Ørsted straks søgte Arago. Den danske Kronprins havde givet Ørsted Anbefalingsskrivelser med til en Række kendte Naturforskere, som Kronprinsen selv havde besøgt Aaret i Forvejen, bl. a. Arago, men som Kronprinsen selv meget rigtig bemærkede, skulde disse Anbefalinger ikke skaffe Ørsted Indpas hos Videnskabsmændene. »Dertil behøver De som Videnskabsmand kun deres eget Navn, men mit Ønske er blot ved denne gode

Digitized by Google

Lejlighed at bringe mig selv i vedkommende Mænds Erindring, og hvilken Lejlighed skulde være mig kærere end Deres Ophold i Paris.«

Det er en Selvfølge, at Ørsted ogsaa omgikkes Ampère, Biot og især Fresnel, men det synes som om Arago tiltalte ham mest.

I Paris lærte en ung, ukendt Kemiker, Justus Liebig, Ørsted at kende. Liebigs højeste Ønske var at komme til København for at studere under Ørsted. Der er opbevaret et Brev fra Liebig, hvori han indstændig beder Ørsted udvirke hos Geheimekabinetssekretær Schleiermacher i Darmstadt, der havde skaffet Liebig Penge til Rejsen, at han fik Lov til at rejse til København. »De vil derved opfylde mit kæreste Ønske og gøre mig fuldstændig lykkelig, naar jeg kunde kalde Dem min Lærer.«

Under Opholdet i Paris var Ørsted ogsaa beskæftiget med videnskabeligt Arbejde. Sammen med en af Sekretærerne i Akademiet, Baron Fourier, fremstillede han en termoelektrisk Kæde, sammensat af mange Led af Antimon- og Vismutstænger, og udførte en Del Forsøg over dens Virkningsevne.

Fra Paris rejste Ørsted til London og her træder især hans Forhold til Humphry Davy og John Herschel i Forgrunden. Ørsteds Forhold til Davy var noget sløret fra tidligere Tid. Ørsted havde i sit Skrift »Ansicht der chemischen Naturgesetze« fremhævet Ritter som Skaberen af Elektrokemien, medens Davy var blevet nævnt som den, der havde banet Vej ind i det nye, ukendte Land.

Man ser af Davys »Bakerian Lecture«, at han havde svært ved at glemme, at Ørsted saaledes havde sat ham i Skyggen af Ritter, og dette er maaske Grunden til, at Davy i Begyndelsen stillede sig skeptisk overfor Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen. I et Brev til sin Broder af 19. Oktober 1820 omtaler Davy sine egne elektromagnetiske Forsøg og betegner Ørsteds Resultater som vage og usikre. Broderen bemærker hertil, at Sir Humphry maa have udtalt sig uden at have kendt Ørsteds originale Meddelelse, thi ellers vilde han ikke have brugt Ordet »vage«. Men Sir Humphry skiftede hurtig Mening, thi i en Afhandling, som blev forelagt Royal Society i London d. 16. Novbr.

Digitized by Google

1820, giver han Ørsted al den Ære, der tilkommer ham, han tillægger Opdagelsen stor Betydning og siger, at Ørsted har aabnet en udstrakt Mark for fysiske Undersøgelser af større Interesse end nogensinde tidligere i Naturvidenskabernes Historie. Og som Præsident for Royal Society udvirkede han, at der tilkendtes Ørsted Copley Medaillen for Aaret 1820. Efter dette kan man forstaa, at Davy modtog Ørsted paa den hjerteligste Maade, noget der ikke ellers laa for Davy. Denne førte Ørsted til Royal Institution og viste ham der sine egne og Faradays nyeste Forsøg, og i London Institution overværede Ørsted elektromagnetiske Forsøg efter en meget stor Maalestok. Ved et Møde i Royal Society blev Ørsted udnævnt til Medlem af Selskabet.

Modsætningen mellem Davy og Ørsted skinner dog igennem igen i det Skudsmaal, som Davy giver Ørsted i sine Memoirer. »Ørsted har især udmærket sig ved sin elektromagnetiske Opdagelse, han er en Mand af beskeden Karakter og uden udstrakte Evner, han er opfindsom og lidt af en tysk Metafysiker.«

Vi vil stille en anden berømt engelsk Videnskabsmand, John Herschels Udtalelse om Ørsted op ved Siden af Davys; den lyder: »Af alle Naturforskere, som har arbejdet over dette Emne, er der ingen, der som Ørsted saa vedvarende har hængt ved den Tanke, at der maatte være en Forbindelse mellem Kendsgerningerne. Ofte skuffet vendte han stadig tilbage til nye Forsøg, og hans utrættelige Forfølgelse af Ideen blev tilsidst belønnet med en fuldstændig Opklaring af det mærkelige elektromagnetiske Fænomen; der er noget heri, der minder os om Christoffer Columbus's urokkelige Tro paa Tilstedeværelsen af en ny Verden.«

Ørsteds Interesse for Klangfigurforsøg førte ham i London sammen med en ung Instrumentmager Charles Wheatstone, der sammen med sin Broder havde aabnet en Forretning med Musikinstrumenter. Ørsted anstillede en Række Forsøg sammen med ham og introducerede ham i den videnskabelige Verden. Wheatstone, der som bekendt senere udførte vigtige Arbejder paa Telegrafiens Omraade, vedblev at føle sig i stor Taknemmelighedsgæld til Ørsted for den Betydning, denne havde haft for ham ved hans første Skridt paa den videnskabelige Bane.

Rejsen maa have været meget anstrengende for Ørsted. Professor Hansteen i Christiania havde overtalt ham til at tage

Digitized by Google

et af sine Apparater til Iagttagelse af Jordmagnetismens Intensitet med sig paa Rejsen og overalt, hvor Ørsted kom frem, maatte han, foruden at forfølge sine egne Formaal, sætte Videnskabsmænd i Gang med Iagttagelser med Hansteens Apparat: Erman i Berlin, Arago i Paris, Young og Herschel i London og Brewster i Edinborg stillede sig til Tjeneste. Iagttagelserne blev siden bearbejdet af Hansteen.

Til denne Rejse knytter sig Ørsteds første Planer om Dannelsen af et Selskab til Naturvidenskabens Udbredelse. I mange engelske Byer havde Ørsted besøgt Institutioner til Udbredelse af Naturkundskab i Folket, saaledes i London Royal Institution og London Institution, hvor der i prægtige Bygninger fandtes Læsesale og andre videnskabelige Indretninger. Lignende Institutioner traf han i Manchester og Liverpool; de var dannede ad privat Vej og gjorde megen Gavn for Udbredelsen af naturvidenskabelige Kundskaber i England.

Paa Hjemrejsen over Kanalen udklækkede Ørsted en Plan til Oprettelse af en lignende Institution i København, der skulde virke for Naturvidenskabens Udbredelse og Anvendelse saavel i Hovedstaden som i de danske Provinser. Straks efter sin Hjemkomst udsendte Ørsted Indbydelse til Dannelse af et saadant Selskab og dette stiftedes den 26. Marts 1824. Planen vakte Tilslutning, men ikke i den Grad, som Ørsted havde ventet, og ikke saaledes, at Selskabet kunde varetage de Opgaver, der blev overdraget den polytekniske Læreanstalt ved dennes Oprettelse nogle Aar senere. Men Selskabet fandt snart sit rette Virkefelt og har endnu Liv og Trivsel.

Om Ørsteds følgende Udenlandsrejser maa vi nøjes med at nævne hans Besøg hos Faraday i 1846 paa Tilbagevejen fra Naturforskermødet i Southampton. Da Ørsted første Gang besøgte Faraday paa Rejsen i 1822—23 levede denne i Skyggen af den store Davy, og noget personligt Forhold mellem Faraday og Ørsted kom ikke den Gang i Stand, skønt Faraday allerede paa det Tidspunkt var dybt inde i elektromagnetiske Arbejder.

I 1846 viste Faraday Ørsted sine diamagnetiske Forsøg, og forærede Ørsted en Del Forsøgsstænger af forskellige Slags Stoffer til Brug ved diamagnetiske Forsøg. Efter sin Hjemkomst

Digitized by Google

konstruerede Ørsted en stor Elektromagnet i Lighed med den, han havde set hos Faraday. Denne Elektromagnet og de diamagnetiske Forsøgsstænger er i disse Dage udstillet i Mødets Bureau paa den polytekniske Læreanstalt.

Ørsteds Besøg hos Faraday gav endvidere Anledning til, at Ørsted selv anstillede en Række diamagnetiske Forsøg, der vel ikke har sat stærke Spor i Videnskabens Historie, men dog har bidraget til at udbrede Kendskab herhjemme til denne Gren af Læren om Magnetismen. —

Ørsteds Udenlandsrejser har sat stærke Spor i hans Virksomhed. Mange af de Ideer og Planer, som Ørsted senere førte videre, er skabt paa hans Udenlandsrejser og kan sættes i nær Forbindelse med de Indtryk, han modtog, og de Iagttagelser, han gjorde paa sine Rejser. Det forekommer mig, at H. C. Ørsted gennem sine Udenlandsrejser giver os en overordentlig nyttig Lære, den nemlig: at vort Land og iøvrigt ethvert andet Land paa fortrinlig Maade fremmer sine egne Interesser, naar de i saa stor Udstrækning som muligt giver deres unge Døtre og Sønner og ikke mindst Videnskabsmændene Lejlighed til at drage ud i den store Verden og hente Impulser, der hjemme kan omsættes til frugtbart Arbejde i Videnskabens og Fædrelandets Tjeneste.

1. nordiske Fysikermøde.

Program med Autorreferater.

1. Mødedag, Onsdag d. 1. September, Kl. 9½ Form.

(Mødested: Polyteknisk Læreanstalt, Fysisk Auditorium).

Mødets Konstituering:

Professor *Martin Knudsen* udtalte:

»Paa Organisationsudvalgets Vegne har jeg hermed den Ære at erklære det 1. nordiske Fysikermøde for aabnet. Paa Udvalgets Vegne byder jeg vore Gæster Velkommen og foreslaar, at vi nu skrider til Valg af Ordstyrere.

Udvalget foreslaar, at Forhandlingerne i Dag ledes af Professor

Digitized by Google

Prytz, i Morgen af Professor Homén, i Overmorgen Formiddag af Professor Granqvist og efter Frokost af Professor Bjerknes.

Udvalget har overdraget Dr. H. M. Hansen at varetage Sekretærforretningerne.

Danske Fysikere ønsker meget, at dette 1. nordiske Fysikermøde maa blive efterfulgt af andre, og vi tror, at dette Ønske deles af norske og svenske. Vi vil derfor bede Professor Bjerknes om, at han, naar Mødet i Dag er hævet, straks vil samle de norske Deltagere og sætte Spørgsmaalet om Ønskeligheden af fremtidige Fysikermøder til Behandling. Vi beder Professor Granqvist om, at han paa lignende Maade vil samle de svenske Deltagere og sætte Spørgsmaalet til Behandling blandt dem. Resultatet af disse Forhandlinger bedes om muligt meddelt mig endnu i Dag. Det skulde glæde os, om de Norske og Svenske vil nedsætte Udvalg til at samarbejde med det danske, saa at vi i Fællesskab kan udarbejde Forslag til Mødernes Fortsættelse.«

Da ingen ønskede at udtale sig hertil, overtog Prof. K. Prytz Ledelsen af Mødet, hvorunder der holdtes følgende Foredrag:

V. Bjerknes, Bergen: Om den almindelige atmosfæriske cirkulation.

Foredragsholderen fremlagde en række resultater som var fremkommet under det nye veirvarslingsarbejde i Norge. En diskontinuitetslinje, kjendelig ved et pludseligt vind- og temperatursprang, kunde paavises tvers igjennem enhver cyklon. Efterhaanden var det lykkedes at forfølge denne linje stadig længer udenfor det cykloniske omraade: den fortsætter fra cyklon til cyklon helt rundt polen, idet den markerer grænsen for den fra polaromraadet fremtrængende kolde luft. Ved at forfølge denne linjes bevægelse faar man et klart billede av hvordan luftvekslingen mellem høiere og lavere bredder foregaar paa strøget utenfor passatregionen: I større høider er der kontinuerlig tilførsel av varmere luft til polaromraadet; langs jorden vender den avkjølede luft tilbage intermitterende og stødvis. Cyklonerne maa nærmest opfattes som store bølger i grænsefladen mellem den ækvatoriale og den polare luft. Paa grundlag av denne opfatning kan problemet om cyklonerne og deres forplantning angribes analytisk.

Digitized by Google

Udførligere meddelelser kommer i »Geofysiske Publikationer« Kristiania.

Ingen Diskussion.

Gustaf Granqvist, Uppsala: Bestämningar i Uppsala af solarkonstanten.

Föredragaren redogjorde först för bestämningarne i Uppsala öfver atmosferens transmissionskonstanter för strålningen från solen, därefter för de resultat, som erhållits med afseende på solarkonstanterna. Som allmän regel kan sägas, att en myket genomskinlig atmosfer ger ett lågt värde på solarkonstanten och en mindre genomskinlig ett högre värde. Då samma förhållande eger rum vid observationerna på Mount Wilson, drog föredragaren den slutsatsan, att de variationer i det beräknade värdet på solarkonstanten, som erhållits på Mount Wilson och som därstädes antagits bero på variationer i solstrålningen, i själfva verket bero på förändringar i jordatmosferen, hvilka ej elimineras genom den vid dessa observationer använda Langleyska metoden.

I Diskussionen deltog Prof. *V. Bjerknes,* Prof. *L. Vegard* og Prof. *E. Hertzsprung.*

M. Siegbahn, Lund: Några nyare resultat inom röntgenspektra.

Föredraganden refererade en del under senaste tiden å Lunds Fysiska Institution utförda arbeten med syfte att finna ett samband mellan elementens kemiska egenskaper och deras röntgenspektra. Endast i ett fall hade detta otvetydigt lyckats, i det fosfors K-absorptionsspektrum, erhållet med svart fosfor och fosforsyra enligt upptagningar av Lektor J. Bergengren, Ystad, visade en avsevärd skillnad. De refererade arbetena komma att publiceras i Zs. für Physik (av Hrr. E. Hjalmar, N. Stensson och J. Bergengren) i C. R. (av Hr. J. Bergengren) samt sannolikt i Ann. der Physik (av Hr. A. B. Leide).

I Diskussionen deltog Prof. *L. Vegard* og Prof. *N. Bohr.*

E. S. Johansen, København: Gravitation og Temperatur.

Et Legeme tænkes sænket uendelig langsomt og reversibelt gennem Højden z i et konstant Gravitationsfelt med Faldaccelerationen G. Under Sænkningen holdes Legemets Temperatur konstant ved,

Digitized by Google

at det f. Eks. glider langs en Varmebeholder i Temperaturligevægt. Under Forudsætning af, at Varmeenergi har tung Masse, bliver det ved Sænkningen vundne Arbejde ved Temperaturen $T + \triangle T$ pr. Gram af Legemet $k \triangle T\, G\, z/c^2$ Erg større end ved Temperaturen T, hvor k er Varmefylden i Erg, og c er Lyshastigheden i cm/sec. Anvendes Carnot's Sætning, finder man, at Legemet under Sænkningen pr. Gram modtager en Varmemængde $k\, T\, G\, z/c^2$ fra Beholderen. Sker Sænkningen adiabatisk, vil Legemet afkøles $T\, G\, z/c^2$ Grader; en adiabatisk Løftning giver Legemet en tilsvarende Opvarmning. Ud fra det specielle Relativitetsprincip kan det vises, at de samme Temperaturændringer fremkommer ved adiabatiske Flytninger i et ved Rotation frembragt Accelerationsfelt, naar Trykket paa Legemet holdes konstant. Som Model af en Varmebeholder i Temperaturligevægt betragtes en Søjle af Hulrumstraaling. I denne maa Trykket og Energitætheden aftage opefter. Dette kan udledes af Straalingens Vægt eller af, at Lyshastigheden bliver større opefter. Benyttes en Kasse med Hulrumstraaling som Model af Legemet, der flyttes i Feltet, faas en simpel Fortolkning af den omtalte Temperaturændring.

I Diskussionen deltog Dr. *H. A. Kramers.*

---

2. Mødedag, Torsdag d. 2. September, Kl. 9½ Form.

Ordstyrer: Professor *Th. Homén.*

C. Benedicks, Stockholm: Nya framsteg inom termoelektriciteten.

Inom termoelektriciteten (benämningen införd av Ørsted!) har länge gällt som grundlag (»Magnus' lag«), att i en verkligt homogen metallisk ledare inga termoströmmar kunna uppstå, huru än temperaturen må variera längs ledaren. Ur vissa förhållande vid metallisk elektricitetsledning hade föredrag. teoretiskt (»foretisk elektronteori«) slutit, att Magnus' lag är ogiltig. Experimentellt hade det 1916 lyckats uppvisa detta, även för flytande kvicksilver. Termoströmmar i flytande Hg vid närvaro av ett ställe med starkt temperaturfall (»strypställe«) hade föredrag. påvisat 1919; de befunnos, såsom teorin fordrar, vara proportionella med 3. digniteten av temperaturfallet. Konsekvens av denna — länge förnekade —

Digitized by Google

»homogena termoelektriska effekt« var existensen av dess omvändning, den »homogena elektrotermiska effekten«, vilken innefatter Thomsoneffekten som ett oliktempererat specialfall. Omkastas strömmen genom en med strypställe försedd, eljest jämntjock ledare, t. ex. av flytande Hg, uppkommer mellan metallen å ömse sidor strypstället en temperaturdifferens, vilken vid svag strömstyrka visar sig strikt proportionell med strömstyrkan.

Det oväntade förhållandet hade befunnits gälla, att dylik temperaturdifferens uppkommer även längs en överallt jämntjock och liktempererad homogen ledare (1920). Den elektriska strömmen transporterar alltså värme, men icke (såsom t. ex. Kohlrausch antog) så, att en och samma värmemängd passerar genom en ledares olika sektioner, utan så att värmemängden stiger då man fortskrider i strömriktningen (konstantan, nysilver; negativ effekt), eller omvänt avtar (koppar, vissa stålslag; positiv effekt). Detta rätt paradoxala förhållande deduceras enkelt ur den foretiska teorien.

I övrigt hänvisas till följande litteratur:

C. Benedicks:

Jahrb. d. Radiokt. u. Elektronik 13, 351, 1916.

Comptes rendus 163, 751, 1916; 165, 391, 1917; 165, 426, 1917; 167, 296, 1918; 169, 578, 1919; 170, 1382, 1920.

Ann. d. Physik (4) 55, 1, 103, 1918; 62, 185, 1920.

Redogörelse för undersökningarna över den homogena elektrotermiska effekten torde komma att publiceras av Ingeniörsvetenskapakademien i Stockholm.

Betr. bekräftelse av termoströmmar i Hg, se M. Gouineau, Comptes rendus 170, 1567, 1920.

I Diskussionen deltog Docent *G. Borelius.*

Jul. Hartmann, København: Om en ny Generator for Lydsvingninger.

En Luftstraale, der fremstilles ved et Overtryk stort nok til i Straalen at frembringe en Hastighed lig eller større end Lydens, har (efter Mach og Salcher) en ejendommelig periodisk Struktur, der kan fotograferes ved den saakaldte »Schlierenmetode«. Forklaringen paa de periodiske Tryk- og Tæthedsvariationer, som Fotografierne viser, er givet af Prandtl, hvis Teori er bleven bekræftet ved de Undersøgelser af Trykvariationerne ned gennem

Digitized by Google

Straalen, som Parenty og Stodola har foretaget. Trykket vil, dersom Udstrømningstrykket ikke er altfor højt, ud langs Straaleaksen udvise dæmpede periodiske Variationer om det ydre Tryk. Foredragsholderen fandt ved Undersøgelser over den periodiske Variation af Summen af det statiske og det dynamiske Tryk ned gennem Straalen, at de Omraader af Straalen, hvor den nævnte Sum er voksende, udviser følgende ejendommelige Egenskab. Føres Mundingen af en cylindrisk, akustisk Oscillator (Resonator) med en Diameter af væsentlig samme Størrelse som Straalens ind i et af de nævnte Omraader, idet Mundingen rettes mod Straalen, vil Luften i Oscillatoren komme i Svingninger med Grundtonens Frekvens. Oscillatoren er altsaa i disse Omraader, Instabilitetsomraaderne, i Stand til at tage Energi fra Luftstraalen og omsætte den til svingende Energi. Paa Grundlag af den antydede Iagttagelse har Foredragsholderen fremstillet en ny akustisk Generator, ved hvilken det er muligt at fremstille Svingninger med Frekvenser fra nogle Tusinde op til flere Hundrede Tusinde. Intensiteten af de fremstillede Svingninger vil normalt være relativt meget stor, saaledes at det for Eks. er muligt at fotografere de udsendte Bølger ved Schlierenmetoden. Foruden regelmæssige Bølger og Svingninger kan man ved Luftstraalen fremstille en anden Art Lydsvingninger, som Foredragsholderen betegner som Pulsationer. Man benytter hertil en Beholder med en snæver Munding, der rettes mod Straalen i et af Instabilitetsomraaderne. Beholderen vil da periodisk fylde sig med Luft — formentlig til det Tryk, der hersker paa det paagældende Sted i Straalen — og atter udlade denne Luft. Frekvensen for Pulsationerne afhænger af Beholderens Volumen, Mundingens Vidde, Udstrømningstrykket og Stedet i Instabilitetsomraadet. Ved Variation af f. Eks. Voluminet kan man fremstille Perioder varierende fra flere Sekunder eller Minutter til f. Eks. $^1/_{5000}$ Sek. Pulsationerne over en vis Frekvens høres som en Tone af en Klangfarve omtrent som den, en Sirene giver. Intensiteten kan gøres meget stærk, saaledes at Generatoren i denne Form formentlig vil vise sig egnet til Signalapparat. Generatoren for rene akustiske Svingninger maa paa den anden Side antages at ville finde Anvendelser særlig i det fysiske Laboratorium til Udførelse af en Række hidtil vanskelig tilgængelige Undersøgelser, f. Eks. over Lydbølgers Absorption, Tilbagekastning m. m.

Digitized by Google

Litteratur:

Jul. Hartmann: Om en Metode til Fremstilling af Lydsvingninger. Fysisk Tidsskrift 18. Aarg, Pg. 97. 1920.

Jul. Hartmann: Det kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Mathem. fysiske Meddelelser I. 13. 1919.

I Diskussionen deltog Prof. *V. Bjerknes.*

L. Vegard, Kristiania: Blandingskrystallernes konstitution.

Foredragsholderen redegjorde for undersøkelser som hadde til formaal at bestemme atomernes lagring i blandingskrystaller.

Ved anvendelse av pulvermetoden var systemerne: KCl—KBr, KCl—NH_4Cl samt K_2SO_4—$(NH_4)_2SO_4$ undersøkt, og forsøkene førte til resultater og slutninger i fuldstændig overensstemmelse med hvad foredragsholderen tidligere hadde fundet ved den Braggske metode, og som i korthet kan sammenfattes saaledes:

1) Blandingskrystallerne dannes ved atomsubstitution i krystalgitteret.
2) Atomsubstitutionen sker uregelmæssig.

Videre vistes at volumerne ved atomsubstitutionen blev ændret paa en saadan maate at blandingskrystallernes volum kunde beregnes additivt av komponenternes volumer, idet hvert atom forutsættes at besidde en bestemt radius.

Ved hjælp av det enkle gitter som foredragsholderen hadde bestemt for NH_4Cl kunde vandstofatomets »radius« bestemmes til $1{,}64 \cdot 10^{-8}$ cm. Ved hjælp av denne værdi for H-atomets radius kunde volumforholdene ved de ammoniumholdige blandingskrystaller forklares, og vandstoffets plads i andre ammoniumforbindelser bestemmes.

I Diskussionen deltog Prof. *C. Benedicks,* Prof. *N. Bohr* og Dr. *H. A. Kramers.*

P. O. Pedersen, København: Om elektriske Gnister.

(Dette Foredrag maatte udgaa af Mangel paa Tid, men gengives her i stærkt forkortet Form efter Forfatterens Manuskript).

Forfatteren har tidligere angivet en Metode til Bestemmelse af de Lichtenbergske Figurers Udbredelseshastighed paa

Digitized by Google

fotografiske Plader *). Er denne Hastighed kendt, kan man omvendt benytte Metoden til Bestemmelse af Tidsforskellen mellem to paa hinanden følgende Spændingsstød, og denne Bestemmelse er meget bekvem for Tidsforskelle mellem 10^{-9} og 10^{-7} Sekund. (For Tider, der er længere end 10^{-7} Sekund, maa man gaa til Optagelser af Lichtenberg Figurer under højere Tryk). Metoden er benyttet til Bestemmelse af den Tid, der medgaar til Tilvejebringelsen af en elektrisk Gnist, naar Gnistrummet er udsat for Spændinger, der ligger betydelig over Gnistspændingen. Den nævnte Tid kaldes Forsinkelsen og betegnes ved τ.

De hovedsagelige Resultater af Undersøgelsen — der kun omfatter Gnister fra 0,5 til 7 mm Længde i atmosfærisk Luft og ved Atmosfæretryk mellem Kugler, hvis Diameter er større end Gnistlængden — er følgende:

Naar Katoden er ren, hvorved her forstaas frisk pudset med rent, fint Smergelpapir, har Forsinkelsen en ganske bestemt Værdi, τ_{min}, der er den mindste Forsinkelse, som overhovedet kan opnaaes ved den givne Spændingsbølge og den givne Gnistlængde.

τ_{min} er uafhængig af Gnistbanens Ionisationstilstand.

τ_{min} er uafhængig af Anodens Tilstand.

τ_{min} er, — i hvert Fald med Tilnærmelse — proportional med Gnistlængdens Kvadrat.

Er Katoden ikke ren, men f. Eks. overtrukken med en ganske tynd Oliehinde, saa er Forsinkelsen τ større end τ_{min}, og Anodens Tilstand spiller i dette Tilfælde en stor Rolle. τ vokser i Almindelighed med Tykkelsen af Oliehinden paa Katoden; men er Anoden ren, naar τ i det højeste op til en bestemt Værdi τ_1; er Anoden derimod ogsaa uren — og selv en ganske minimal Oliehinde er i saa Henseende tilstrækkelig — saa kan τ naa op til Værdier, der er betydelig højere end τ_1.

I alle disse Tilfælde er det forudsat, at den ankommende Spændingsbølge altid har samme Form og Størrelse, frembragt ved en Gnistudladning mellem store Kugler (Gnistlængden $=$ L).

*) P. O. Pedersen: On the Lichtenberg Figures I. Vid. Selsk. Math.-fys. Medd. I. 11. København 1919.

Digitized by Google

Eksempel paa Forsøgsrække:

Primære Gnistlængde L	= 10 mm.			
Længde af undersøgte Gnist l	=	5	3	2 mm.
Rene Elektroder. . . . . τ	=	6,8	2,8	1,4 $\times 10^{-8}$ Sek.
Katode med Oliehinde. Anode ren τ	= $>$	21	ca. 14	ca. 8 $\times 10^{-8}$ »
Baade Katode og Anode med Oliehinde . . . . τ	=			$>$ 25 $\times 10^{-8}$ »

Blank polerede (optisk spejlende) Elektroder forholder sig i Hovedsagen som fedtede; der er dog den Forskel, at medens Forsinkelsen ved fedtede, smergelpudsede Elektroder er ret konstant, saa er den ved blanke Elektroder mere tilfældig og kan antage alle mulige Værdier $> \tau_{min}$.

Bestraaling af Katoden med ultraviolet Lys eller med α, β og γ Straaler formindsker Forsinkelsen, naar denne er $> \tau_{min}$, men bringer den aldrig ned under denne Værdi.

I Overensstemmelse med det foregaaende viser det sig, at det af H. Hertz iagttagne Fænomen, — nemlig at Katodens Bestraaling med ultraviolet Lys fremmer Gnistdannelsen ved kortvarige Spændingsstød — kun findes, naar Katoden ikke er ren. Er Katoden ren, har Bestraaling med ultraviolet Lys o. lign. heller ikke i dette Tilfælde nogen Indflydelse. Naar de fleste Metaller tiltrods herfor tilsyneladende dog viser Hertz Effekten i udpræget Grad, skyldes dette den af Gnisterne fremkaldte Fordampning af Elektrodemetallet, idet de dannede Dampe fortætter sig paa Elektroderne og virker som en Tilsmudsning af disse. Elektroder af bl. a. Bly, Tin, Aluminium, Zink, Kobber og Messing er saa følsomme i saa Henseende, at selv om Elektroderne (Katoden) til at begynde med er rene, smergelpudsede, saa er det af den første Gnist frembragte Nedslag tilstrækkeligt til, at de derefter optræder som urene Elektroder og følgelig viser Hertz Effekten. Kun hvis Gnisternes Intensitet reduceres meget stærkt, kan Elektroderne overfor et større Antal Gnister opføre sig som rene. Mindre følsomme i saa Henseende er Jern og Platin, endnu mindre Nikkel og især Molybdæn og Wolfram.

Paa Grundlag af disse Forsøgsresultater har Forfatteren dannet sig en fra den gængse Forestilling noget afvigende Forestilling om Gnistens Dannelsesmaade.

Digitized by Google

Under en Pause i Fagmødet samledes Udvalgene angaaende Fysikermødernes Fortsættelse til Forhandling. De norske Fysikere havde hertil valgt Prof. Bjerknes, Prof. Sæland og Prof. Vegard. De svenske Fysikere havde valgt Prof. Benedicks, Prof. Granqvist, Prof. Mebius og Prof. Siegbahn. Prof. Homén repræsenterede Finland, og Mødets Organisationsudvalg repræsenterede Danmark. Man enedes om at foreslaa den S. 6 trykte Resolution, der vedtoges paa Fagmødet Fredag d. 3. Septbr.

---

3. Mødedag, Fredag d. 3. September, Kl. 9½ Form.

Ordstyrer: Professor *G. Granqvist.*

J. W. Sandström, Stockholm: Havets dynamik.

Bearbetningen av dr. Johan Hjorts hydrografiska observationer i St. Lawrencebukten och på Newfoundlandsbankarna har lett till två viktiga resultat, vilka kunna uttryckas sålunda:

1. Om skiktat vatten påverkas av yttre krafter, såsom tryckgradienten, jordrotationens avböjande kraft, friktionen m. fl. så förmå dessa krafter icke överflytta vatten från ett skikt till ett annat. Skiljeytorna mellan skikten äro i detta fall fullkomligt ogenomträngliga.

2. Om däremot vattnet förändras fysikaliskt så att det får en annan specifik vikt, så lämnar det självmant sin förra plats och uppsöker det skikt dit det hör på grund av sin nya specifika vikt. Skiljeytorna mellan skikten genomträngas i detta fall med största lätthet.

Dessa satser, som bekräftats med talrika experiment, förklara flera hydrografiska företeelser, såsom skeppsbrotten vid Newfoundlands södra och östra kust, den stora variationen i Newfoundlandsfisket, Newfoundlandsfiskarnas stormvarning, bestående i en kraftig havsvattenström lång i förväg i motsatt riktning mot den annalkande stormen, issmältningens inflytande på havsströmmarna, viktiga egenskaper hos Golvströmmen och Sargassohavet m. m.

Litteratur:

J. W. Sandström: The hydrodynamic of Canadian Atlantic waters. Department of the Naval Service. Ottava 1919.

I Diskussionen deltog Prof. *Otto Petersson.*

Digitized by Google

Eksempel paa Forsøgsrække:

Primære Gnistlængde L	= 10 mm.			
Længde af undersøgte Gnist l	=	5	3	2 mm.
Rene Elektroder. . . . . τ	=	6,8	2,8	1,4 $\times 10^{-8}$ Sek.
Katode med Oliehinde. Anode ren τ	=	$>$ 21	ca. 14	ca. 8 $\times 10^{-8}$ »
Baade Katode og Anode med Oliehinde . . . . τ	=			$>$ 25 $\times 10^{-8}$ »

Blank polerede (optisk spejlende) Elektroder forholder sig i Hovedsagen som fedtede; der er dog den Forskel, at medens Forsinkelsen ved fedtede, smergelpudsede Elektroder er ret konstant, saa er den ved blanke Elektroder mere tilfældig og kan antage alle mulige Værdier $> \tau_{min}$.

Bestraaling af Katoden med ultraviolet Lys eller med α, β og γ Straaler formindsker Forsinkelsen, naar denne er $> \tau_{min}$, men bringer den aldrig ned under denne Værdi.

I Overensstemmelse med det foregaaende viser det sig, at det af H. Hertz iagttagne Fænomen, — nemlig at Katodens Bestraaling med ultraviolet Lys fremmer Gnistdannelsen ved kortvarige Spændingsstød — kun findes, naar Katoden ikke er ren. Er Katoden ren, har Bestraaling med ultraviolet Lys o. lign. heller ikke i dette Tilfælde nogen Indflydelse. Naar de fleste Metaller tiltrods herfor tilsyneladende dog viser Hertz Effekten i udpræget Grad, skyldes dette den af Gnisterne fremkaldte Fordampning af Elektrodemetallet, idet de dannede Dampe fortætter sig paa Elektroderne og virker som en Tilsmudsning af disse. Elektroder af bl. a. Bly, Tin, Aluminium, Zink, Kobber og Messing er saa følsomme i saa Henseende, at selv om Elektroderne (Katoden) til at begynde med er rene, smergelpudsede, saa er det af den første Gnist frembragte Nedslag tilstrækkeligt til, at de derefter optræder som urene Elektroder og følgelig viser Hertz Effekten. Kun hvis Gnisternes Intensitet reduceres meget stærkt, kan Elektroderne overfor et større Antal Gnister opføre sig som rene. Mindre følsomme i saa Henseende er Jern og Platin, endnu mindre Nikkel og især Molybdæn og Wolfram.

Paa Grundlag af disse Forsøgsresultater har Forfatteren dannet sig en fra den gængse Forestilling noget afvigende Forestilling om Gnistens Dannelsesmaade.

Digitized by Google

Under en Pause i Fagmødet samledes Udvalgene angaaende Fysikermødernes Fortsættelse til Forhandling. De norske Fysikere havde hertil valgt Prof. Bjerknes, Prof. Sæland og Prof. Vegard. De svenske Fysikere havde valgt Prof. Benedicks, Prof. Granqvist, Prof. Mebius og Prof. Siegbahn. Prof. Homén repræsenterede Finland, og Mødets Organisationsudvalg repræsenterede Danmark. Man enedes om at foreslaa den S. 6 trykte Resolution, der vedtoges paa Fagmødet Fredag d. 3. Septbr.

---

3. Mødedag, Fredag d. 3. September, Kl. 9½ Form.

Ordstyrer: Professor *G. Granqvist.*

J. W. Sandström, Stockholm: H a v e t s d y n a m i k.

Bearbetningen av dr. Johan Hjorts hydrografiska observationer i St. Lawrencebukten och på Newfoundlandsbankarna har lett till två viktiga resultat, vilka kunna uttryckas sålunda:

1. Om skiktat vatten påverkas av yttre krafter, såsom tryckgradienten, jordrotationens avböjande kraft, friktionen m. fl. så förmå dessa krafter icke överflytta vatten från ett skikt till ett annat. Skiljeytorna mellan skikten äro i detta fall fullkomligt ogenomträngliga.

2. Om däremot vattnet förändras fysikaliskt så att det får en annan specifik vikt, så lämnar det självmant sin förra plats och uppsöker det skikt dit det hör på grund av sin nya specifika vikt. Skiljeytorna mellan skikten genomträngas i detta fall med största lätthet.

Dessa satser, som bekräftats med talrika experiment, förklara flera hydrografiska företeelser, såsom skeppsbrotten vid Newfoundlands södra och östra kust, den stora variationen i Newfoundlandsfisket, Newfoundlandsfiskarnas stormvarning, bestående i en kraftig havsvattenström lång i förväg i motsatt riktning mot den annalkande stormen, issmältningens inflytande på havsströmmarna, viktiga egenskaper hos Golvströmmen och Sargassohavet m. m.

Litteratur:

J. W. Sandström: The hydrodynamic of Canadian Atlantic waters. Department of the Naval Service. Ottava 1919.

I Diskussionen deltog Prof. *Otto Petersson.*

Digitized by Google

G. Borelius, Lund: Thomsoneffekten vid låga temperaturer.

Föredraget innehöll en kort redogörelse för en metod att bestämma Thomsoneffekten vid låga temperaturer, med vilken mätningar utförts å koppar ned till 100° abs. Utgående från dessa mätningar samt mätningar av termokrafterna för diverse metallkombinationer, som utförts av Wietzel (Diss. Berlin 1913), hade med hjälp av de Thomsonska ekvationerna Thomsoneffekten för Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Al, Sn, Pb, Fe, Co, Ni och Pt beräknats och framställts som funktion av temperaturen. Omkring och under de karakteristiska temperaturerna undergår effekten ofte starka ändringar. Kurvorna visa lagbundenheten i avseende på det periodiska systemet och äro likartade för ämnen tilhörande samme grupp.

I Diskussionen deltog Prof. *C. Benedicks.*

A. Odencrants, Stockholm: Fotografisk spektrofotometri.

Föredr. karaktäriserade fotografiska metoder i allmänhet, jämförda med okulära, och redogjorde sedan för å området tidigare använda sådana, dels med upptagande af flera spektra, dels med blott ett sådant, stigmatisk afbildning och belysningen varierad längs spalten. I förra fallet måste man fordra, att de olika spektra upptagas med ändring af intensiteten, ej af tiden; för ändamålet fordrades en ljuskälla, hvilkens intensitet kunde varieras, utan att dess spektrala sammansättning och läge relativt till spalten ändrades. Detta hade föredr. realiserat genom att som sekundär ljuskälla använda en tunn mjölkglasskifva, anbrakt i kortväggen af en svärtad låda och belyst med en i denna rörlig, nära punktformig glödlampa; dess intensitet ändras med kvadraten på afståndet dem emellan.

Genom bestämmande af punkter med lika svärtning i så erhållna spektra får man intensitetskurvor, hvilka genom parallelförskjutning kunna förenas.

Äfven ur blott ett spektrum kunna sådana kurvor erhållas, om man å plåten registrerar dess gradation genom inkopiering af nödiga intensitetsskalor.

Med dessa två metoder erhållna resultat visades: känslighetskurvor för olika plåtsorter, framställda med bekant ljuskälla; absorp-

Digitized by Google

tionsbestämningar hos lösningar; undersökning af Schwarzschildska konstanten och af glödlampors strålningsintensitet vid olika spänningar i deras spektrala fördelning.

Bäst blifva resultaten när metoden användes som nollmetod.

I Diskussionen deltog Prof. *E. Hertzsprung.*

E. Hogner, Uppsala: Ett bidrag till skeppsvågornas teori.

Skeppsvågorna ha af föregående författare befunnits vara till sin utsträckning skarpt begränsade af två räta »gränslinjer«, som utgå från skeppet. På gränslinjerna, utefter hvilka de mest framträdande vågorna i hela vågsystemet bildas, gifva dessa författares beräkningar oändligt stora vågamplituder, hvarför vågorna i närheten af dessa linjer i självfva verket undandragit sig den matematiska behandlingen. I föredraget visas nu, hur man genom att aflägsna det approximationsfel, hvarpå detta förhållande beror, genom behandling af integralerna $\int\limits_{-\infty}^{-i\infty} e^{i(xv^2+v^3)}\,dv$ och $\int\limits_{-i\infty}^{+\infty} e^{i(xv^2+v^3)}\,dv$ samt användning af Airy's integral $\int\limits_{-\infty}^{+\infty} e^{i(xv+v^3)}\,dv$ kan beräkna vågorna äfven i närheten af gränslinjerna och deras aftagande utanför desamma. Det så beräknade vågsystemet beskrifves, och dess kvalitativa öfverensstämmelse med verkligheten konstateras, bl. a. genom jämförelse med en fotografi af verkliga skeppsvågor.

Offentliggøres sandsynligvis i Philosophical Magazine.

I Diskussionen deltog Prof. *V. W. Ekman.*

(Frokostpause, hvorunder Fysisk Forening havde arrangeret Frokost for Mødedeltagerne i Bureauet i den polytekniske Læreanstalts Festsal).

Fredag d. 3. September, Kl. 2 Eftm.

Ordstyrer: Professor *V. Bjerknes.*

N. Bohr, København: Om Virkningen af Sammenstød mellem Atomsystemer og fri elektriske Partikler.

Digitized by Google

I Foredraget blev det forsøgt at give en Oversigt over de forskelligartede Oplysninger om Atomernes Bygning, som kan hentes fra Undersøgelsen af Sammenstød mellem Atomsystemer og frie elektriske Partikler.

Først omtaltes det, hvorledes det er muligt ud fra den Rutherford'ske Forestilling om »Kerneatomet« i Enkeltheder at gøre Regnskab for den Spredning og Absorption, som α- og β-Straaler lider under deres Gennemgang gennem Stoffer, og hvorledes man paa denne Maade ikke alene faar de benyttede Antagelser om Arten og Antallet af Atomernes Byggestene bekræftet, men ogsaa kan drage nærmere Slutninger om Afstanden mellem Partiklerne i Atomet og om disses Bevægelseshastigheder. Ved disse Betragtninger beregnes Virkningen af Sammenstødene ved Hjælp af de sædvanlige mekaniske Love, og dette begrundes derved, at Sammenstødene i de Tilfælde, hvor den stødende Partikels Bevægelse ved Sammenstødet forandres kendeligt, forløber saa hurtigt, at Konfigurationen af Atomets Partikler under selve Stødet kun ændrer sig overordentlig lidt i Forhold til disse Partiklers indbyrdes Afstande. Ud fra Antagelser om Atomets Tilstand før Stødet er det derfor muligt i saadanne Tilfælde at beregne Bevægelsesændringen, som den frie Partikel ved Sammenstødet undergaar, uden at indføre nogen Antagelse om de Ændringer i Atomets Tilstand, der finder Sted i den paafølgende Tid som Følge af den ved Stødet frembragte Bevægelsesforandring, og det er derfor uden Betydning, at de nævnte Ændringer, der maa tænkes at hænge paa det nøjeste sammen med de Forhold, der betinger den fysiske Stabilitet af de forskellige mulige mekaniske Bevægelser af Atomets Partikler, ikke kan beregnes ved Hjælp af de sædvanlige mekaniske Love.

Ved Undersøgelser over den minimale Energi, der er nødvendig for Frembringelsen af Ionisation og Straaling ved Bombardement af en Luftarts Atomer med fri Elektroner, har man i Modsætning til de ovennævnte Fænomener at gøre med Sammenstød, hvor den kendelige Virkning mellem Partiklerne strækker sig over Tider, der har samme Størrelsesorden som Omløbstiderne af Partiklerne i Atomerne. Ved disse Sammenstød maa man derfor vente, at de ejendommelige fra Mekanikken afvigende Love, der behersker Atomets Stabilitetsforhold, vil komme til at spille en Rolle. Denne Forventning viser sig ogsaa opfyldt paa den mest slaaende

Digitized by Google

Maade i Resultaterne af de bekendte Forsøg af Franck og Hertz, ved hvilke Kvægsølvdamp bombarderedes med Elektroner med varierende Hastigheder. Disse Forsøg og mange lignende Forsøg med andre Stoffer, foretagne i de sidste Aar, viser, at der ved Sammenstød som de betragtede kun kan afgives ganske bestemte Energimængder til Atomet. Dette svarer fuldstændig til de Forestillinger, hvortil man er ført ved Kvanteteoriens Forklaring af Grundstoffernes Spektra. Efter denne Teori kan et Atom kun eksistere permanent i visse »stationære Tilstande« svarende til en diskontinuert Række af Værdier for Systemets Energi, og den Straaling, der svarer til en enkelt Spektrallinie, udsendes ved en Overgang mellem to saadanne Tilstande. Det viser sig nu virkelig, at man ved direkte Undersøgelse af Sammenstød som de omtalte kommer til akkurat de samme Værdier for Energidifferenserne mellem de stationære Tilstande som dem, man beregner ud fra Spektrene. I Slutningen af Foredraget blev det endvidere omtalt, hvorledes det synes muligt ved de omhandlede Undersøgelser over Sammenstød mellem Atomer og langsomt bevægede Elektroner ikke alene at drage Slutninger om Atomets mulige Energiværdier, men ogsaa, ved Betragtning af den relative Intensitet af de ved disse Stød frembragte Spektrallinier, mere indgaaende at prøve de nærmere kvanteteoretiske Antagelser om Bevægelsen af Atomerne i de stationære Tilstande.

I Diskussionen deltog Prof. *L. Vegard.*

H. A. Kramers, København: Om Virkningen af et ydre elektrisk Felt paa Komponenterne i Brintliniernes Finstruktur.

Som vel kendt har Bohrs Atomteori forklaret, hvorledes de Spektrallinier i Brintspektret, som hører til den saakaldte Balmerske Serie, opstaar. Under gunstige Omstændigheder og ved Brug af Spektroskoper med stor Opløsningsevne, viser disse Linier sig ikke enkelte, men som meget snævre Dubletter. Det har været Sommerfeld muligt paa Grundlag af den Bohr'ske Teori at gøre Rede for denne saakaldte Finstruktur af Brintlinierne, idet han tog Hensyn til, at Massen af Elektronerne i Brintatomet ikke er konstant, men maa antages at ændre sig med Hastigheden efter de af Relativitetsteorien angivne Love. Linierne i Balmerserien undergaar en meget stor Æn-

Digitized by Google

dring, naar Atomerne under Udstraalingen udsættes for et stærkt elektrisk Felt (Stark-Effekt), idet hver af dem opspaltes i et stort Antal skarpe polariserede Komponenter, hvis Afstand fra den oprindelige Linie er proportional med Feltstyrken. En teoretisk Forklaring, som stod i glimrende Overensstemmelse med Starks Eksperimenter og som ligeledes støttede sig paa Bohr's Teori, er først blevet givet af Schwarzschild og Epstein. Ved de matematiske Metoder, som sidstnævnte Forfattere anvendte, blev der ikke taget Hensyn til Elektronmassens Foranderlighed, saaledes at det ikke endnu var muligt at angive teoretisk, hvorledes Finstrukturen for voksende Feltstyrke efterhaanden vilde gaa over i den sædvanlige Stark-Effekt. Foredragsholderen fortalte kort, hvorledes ogsaa dette Problem kunde behandles og løses.

I Diskussionen deltog Prof. *N. Bohr.*

H. M. Hansen og *J. C. Jacobsen*, København: Om Virkningen af et Magnetfelt paa Heliums Gnistlinier. (Forelagt ved H. M. Hansen).

Den nyere Kvanteteori for Spektrallinierne fører for de Spektre, som den behersker (det normale Brintspektrum og de brintlignende Spektre, af hvilke kun kendes Heliums Gnistspektrum, Spektret af He+) til det Resultat, at hver Komponent i disse Liniers Finstruktur skal vise normal magnetisk Opspaltning, idet Finstrukturen hidrører fra den af Relativitetsteorien krævede Ændring i Elektronmassen med Hastigheden. Da de eksperimentelle Resultater for Brintspektret ikke er definitive og vanskelige at forbedre, havde Foredragsholderne med Anvendelse af Trappegitter og Lummerplade undersøgt den stærkeste af Heliums synlige Gnistlinier (4686 Å. E.), der er en Dobbeltlinie med Komponentafstanden 0,1 Å. E. Resultatet var, at i svagere Felter blev hver af Komponenterne opspaltet normalt, hvorimod i stærkere Felter de to Komponenter syntes at nærme sig til hinanden. Da denne sidste Virkning sandsynligvis skyldes den ved stærkere Felter uundgaaelige Iblanding af Stark-Effekt, staar Resultatet altsaa i Overensstemmelse med Bohr's Teoris Krav og betyder en magnetisk Opspaltning af en for Dobbeltlinier ny Type. Som bekendt viser f. Eks. Alkalispektrenes Dobbeltlinier, hvis Opstaaen skyldes andre og endnu ikke opklarede Aarsager, i Magnetfelt den saakaldte Paschen-Bach-

Digitized by Google

Effekt: deres Komponenter, der i svage Felter ikke giver normale, men mere komplicerede Opspaltninger, spaltes ikke uafhængig af hinanden, men smelter i stærkere Felter sammen til een normal Zeeman-Triplet.

Ingen Diskussion.

Th. Wereide, Kristiania: Zodiacallyset.

I et foredrag paa en halv time gav foredragsholderen en fremstilling af Zodiacallyset og de dertil knyttede problemer. Prof. Birkelands terellaeksperimenter tyder bestemt paa, at Zodiacallyset skyldes sollys som spredes i en enorm skiveformig ring af korpuskler, der udstraales fra Solen og naar udenom Jorden. Nogle eiendommelige egenskaber ved dette lysfænomen (»Modskinnet«, Zodiacallysparallaxen, pulsationer et. c.) blev kort diskuteret. En detaljert undersøgelse af disse problemer vilde være av avgjørende betydning for Birkelands kosmiske theorier. Det kunde ogsaa tænkes, at de vilde faa betydning for det omtvistede problem om de elektromagnetiske ligninger paa lignende maade som den astrofysiske observation av lysets avbøining ved Solen har faat avgjørende betydning for relativitetsprincippet.

Ingen Diskussion.

Theodor Homén, Helsingfors: Om regnens härkomst.

Föredragaren anslöt sig till den av några geografer förfäktade åsikten att sommarregnens vatten på kontinenterna, utom i vissa kusttrakter, till allra största delen bildas av vatten, som avdunstat från själva landen: från skogarna och växttäcket i allmänhet, icke direkt från haven. Experiment som föredragaren utfört och beräkning av avdunstningens storlek från större nederbördsområden mellan olika breddgrader i Finland, på grund av längre tids nederbörds- och avflödesobservationer inom desamma, visade huru betydande denna avdunstning är, på försommaren vida större än den samtidiga avdunstningen från de omgivande föga uppvärmda haven. Däremot framgick vid ett studium av cykloner och vindar vid sommartid i norra hälften av Europa, huru utomordentligt svårt det blir, åtminstone beträffande östra och nordöstra dele av Europa, att vidhålla det vanliga antagandet att nederbörden skulle till största delen utgöras av vatten som avdunstat från Atlanten

Digitized by Google

eller från Nord- og Östersjön. Nederbördens starka tilltagande om sommaren från kusterna inåt landet i Finland liksom i Norra Sverige står i full överensstämmelse med det ovansagda. Slutligen framhölls, att där sommarregnen huvudsakligen bildas av från landen avdunstat vatten, blir omsorgsfull skogsvård och djupodling av åkerfälten av betydelse för erhållande av tillräcklig nederbörd.

Föredragets innehåll är delvis tryckt i »Våra skogar och vår vattenhushållning«, Helsingfors 1917. Det övriga kommer att nästa år behandlas i Finska Vetenskaps Societetens publikationer.

I Diskussionen deltog Prof. *V. Bjerknes*.

Professor *Martin Knudsen* afsluttede Mødet med en Tak til Foredragsholderne og Ordstyrerne.

Program for 1. nordiske Elektroteknikermøde.

Onsdag den 1. September, Kl. 9½ Form.

Mødets Konstituering.

Abs. Larsen, København: Meddelelse om de Skridt, der fra dansk Side paatænkes for at søge Ørsteds Navn knyttet til en international, elektroteknisk Enhed.

W. Borgquist, Stockholm: Statens kraftdistribution, driftserfarenheter och utvecklingsplaner.

J. Nissen, Kristiania: Elektricitetens anvendelse i Norge og dens fremtidsmuligheter.

P. O. Pedersen, København: Træk af Buegeneratorens Udviklingshistorie til Belysning af videnskabelig teknisk Forskning.

Kl. 2 Efterm.

C. Hentzen, København: Københavns Kommunes nye Kraftværk, H. C. Ørsted-Værket.

R. Johs. Jensen, København: Et System til Differentialbeskyttelse af Trefaseanlæg.

Efter Foredragene Udflugt pr. Automobil til H. C. Ørsted-Værket med orienterende Foredrag af Docent, Afdelingsingeniør *E. v. Holstein-Rathlou*.

Digitized by Google

Torsdag den 2. September, Kl. 9 Form.

Sektion I.

H. Bonnevie, Rjukan: Den elektriske lysbues anvendelse i salpeterindustrien, specielt den norske salpeterindustri.

T. Holmgren, Stockholm: Utsikterna för ett ekonomiskt tillgodogörande av vindkraften.

E. Schou, København: Det moderne Grundlag for Konstruktion af Vindmotorer.

Sektion II.

S. P. Madsen, København: Danske Bidrag til Telefonkablers Teori og Konstruktion.

Chr. Albertus, København: Gulstads Kabelrelais.

D. Stenquist, Stockholm: Blymantlarna hos telefonkablar.

Kl. 2 Efterm.

A. Johnsen og *K. Rahbek,* København: Et fysisk Fænomen og dets Anvendelse i Telegrafien og Telefonien m. m.

J. Hartmann, København: Kvægsølvstraaleensretteren.

Fredag den 3. September, Kl. 9 Form.

Sektion I.

P. Randers, Aarhus: Anvendelse af Elektricitet i dansk Landbrug.

A. R. Angelo, København: Elektricitetsforsyning i Danmark.

A. F. Enström, Stockholm: Landsbygdelektrifieringen i Sverige.

Sektion II.

P. V. Christensen, København: Telefoncentralers Automatisering.

A. Erlang, København: Sandsynlighedsregningens Anvendelse i Telefondrift.

R. Skancke, København: Standardiseringens betydning for massefabrikationen, væsentlig med sikte paa fabrikation av svakströmsapparater.

Kl. 2 Efterm.

J. Öfverholm, Stockholm: Järnvägselektrifiering i Sverige.

C. A. Rossander, Stockholm: Kraft- och bränslefrågan i Sverige.

T. F. Krarup, København: Stærkstrømslovgivning i Danmark.

Digitized by Google

B. Traneus, Stockholm: Elektriska Standardiserings-Kommitteen, dess organisation och arbetsresultat.

Program for 1. nordiske Kemikermøde.

Onsdag den 1. September, Kl. 9½ Form.

Mødets Konstituering.

W. Palmær, Stockholm: Om gruppindelningen i det periodiska systemet.

G. Komppa, Helsingfors: Ortbestämning inom Kamferserien.

Einar Biilmann, København: En Brintelektrode.

N. Troensegaard, København: Undersøgelser over Proteinstoffernes Sammensætning.

I. Fogh, København: Om Ørsteds Opdagelse af Aluminiummetallet i 1825.

Torsdag den 2. September, Kl. 9½ Form.

E. Schreiner, Kristiania: Bidrag til den nyere opfattelse av elektrolyterne.

J. N. Brønsted, København: Udsaltning og Milnereffekt.

K. A. Vesterberg, Stockholm: Några synpunkter i avseende på den kemiska jordanalysen.

Chr. Winther, København: En ejendommelig Urenhed.

A. Odencrants, Stockholm: Den vetenskapliga fotografiens grundproblem.

Fredag den 3. September, Kl. 9½ Form.

H. v. Euler, Stockholm: Mål och rön inom enzymkemien.

Bror Holmberg, Stockholm: Om kationkatalysens natur.

J. A. Christiansen, København: Nogle beslægtede katalytiske Reaktioner.

H. Baggesgaard Rasmussen og *S. Werner*, København: Studier over Alkyleringen af Natriumsulfit.

H. Sandquist, Uppsala: En ny typ af kristallinska vätskor.

O. Svanberg, Stockholm: Om enzymet invertas.

A. Sinding-Larsen, Kristiania: Reaktiviteten.

J. K. Gjaldbæk, København: Om Reaktionen af Vædsker, som er mættede med Magniumkarbonat.

Digitized by Google

Indtryk fra H. C. Ørsted-Udstillingen.

Af **A. W. Marke.**

Den polytekniske Læreanstalt fejrede 100-Aarsdagen for H. C. Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen ved en Mindeudstilling i Læreanstaltens Festsal. Ved Imødekommenhed fra Familien og forskellige Museer og Samlinger var det lykkedes Direktør Hannover at fremskaffe et overmaade smukt og righoldigt Udvalg af forskellige Genstande, der tilsammen gav et fyldigt Indtryk af Ørsteds Virksomhed og Personlighed.

Forrest i Salen var anbragt Ørsteds gamle fysiske Instrumenter: Først og fremmest selve den berømte Kompasnaal med den latinske Rundskrivelse. Endvidere Piezometret i tre forskellige Udførelsesformer til Undersøgelse dels af Luftarters og dels af Vædskers Sammentrykkelighed; desuden Apparater til nærmere Undersøgelse af Chladni's Klangfigurer, et Elektrometer, et Apparat til Undersøgelse af Haarrørsvirkningen for Kvægsølv i Berøring med Metaller, et elektromagnetisk Rotationsapparat samt flere Æsker med Smaating, hvoriblandt forskellige Glasstykker til Undersøgelse af Polarisationsplanets Drejning og nogle para- og diamagnetiske Stoffer, hjembragte fra Besøget hos Faraday i 1846. Selvfølgelig fandtes her ogsaa den store Elektromagnet, som Ørsted lod lave efter dette Besøg.

Endvidere fandtes i to store Montrer 1ste-Udgaverne af H. C. Ørsteds Skrifter, store og smaa, lige fra hans Hovedværk »Aanden i Naturen« til Smaating som Taler ved Sørgefester o. lign., samt en Del Oversættelser. Navnlig virkede Antallet af Oversættelser af »Aanden i Naturen« imponerende; man fik herigennem et direkte Indtryk af, i hvilken Grad det i hin Tid saa at sige hørte til almindelig videnskabelig Dannelse at have studeret Bogen. I disse Montrer fandtes ogsaa forskellige Værker om Ørsted, Fru Dr. Meyers statelige Udgave af Ørsteds naturvidenskabelige Afhandlinger og M. C. Hardings Udgave af Breve til og fra Ørsted.

Langs Vinduerne var opstillet to lange Rækker lave Montrer. Heri fandtes Diplomer for Ørsteds Udnævnelse til Æresmedlem, korresponderende Medlem o. lign. af danske og fremmede videnskabelige Selskaber, ialt 57. Endvidere nogle Medaljer, bl. a. 2

Digitized by Google

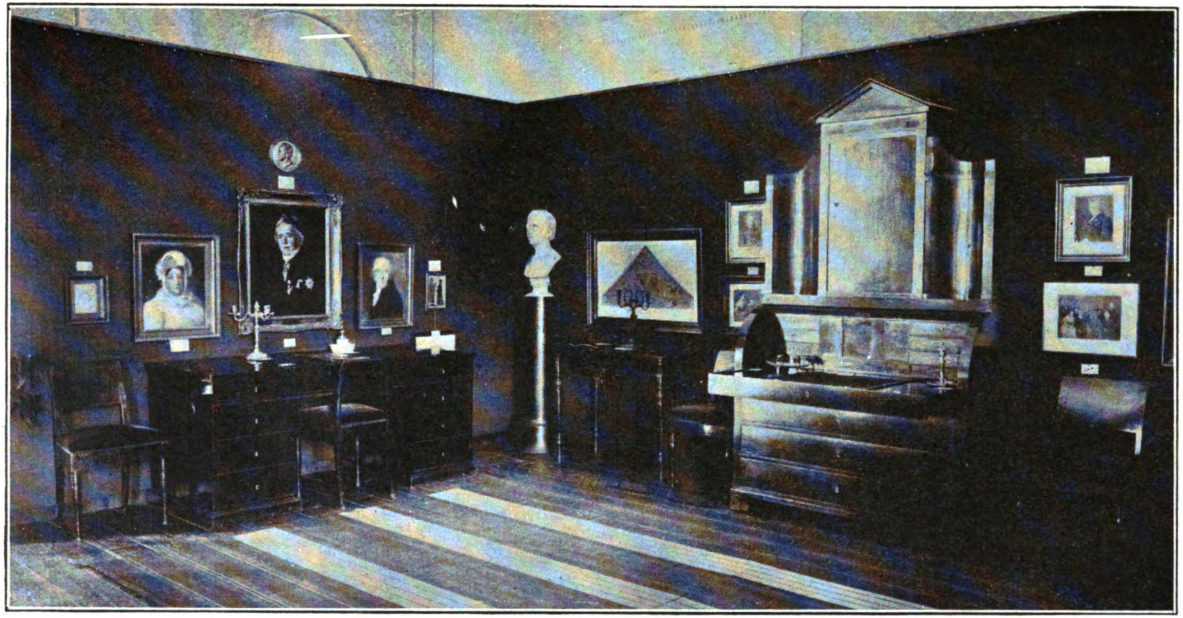
Guldmedaljer: Copley-Medaljen, som Ørsted fik allerede d. 17. November 1820 fra Royal Society, og det franske Akademis Guldmedalje fra 1822. Desuden en stor Samling Breve til Ørsted og Kladder til Breve fra Ørsted til en Række Berømtheder, Naturforskere og andre. Mange af disse Breve var overmaade interessante at læse, og de viste baade den Hengivenhed og Ærbødighed man nærede for Ørsted og den ejendommelige lune Humor, Ørsted kunde udfolde f. E. i indflettede Smaavers.

Endvidere fandtes i disse Montrer en stor Samling af Ørsteds privat-personlige Smaating: et Ordensbaand, som han lod væve i Farver svarende til hans forskellige Ordner, saa han deraf kunde klippe Strimler til Knaphullerne; en Punscheske, brugt ved Professorsammenkomster i Ørsteds Hjem; en lille Jernske fra Datidens kemiske Bestikker, af Ørsted brugt til at smelte Lakstumper i, et Certifikat for hans Optagelse i Frimurerlogen »Friederich zur gekrönten Hoffnung«, affattet paa Fransk, da han vilde bruge det paa en af sine Udenlandsrejser — og meget mere. Blandt disse Smaating fandtes ogsaa et morsomt Portrætrelief, som en af Ørsteds Tilhørere havde ridset i et Stykke Skifer.

En særlig Montre midt i Salen indeholdt nogle Dokumenter vedrørende Oprettelsen af den polytekniske Læreanstalt, samt nogle Ansøgninger om Understøttelse af Fonden ad usus publicos bl. a. til at betale en Gæld, som hans eksperimentale Arbejder har sat ham i. Af overmaade stor Interesse er det at se, hvorledes Ørsted i sin Betænkning angaaende Læreanstalten stadig indprenter Nødvendigheden af, at der gives en virkelig grundig, videnskabelig polyteknisk Uddannelse, for at Læreanstalten ikke skulde ligne en tysk »Gewerbschule«. Og trods Ørsteds egen store teoretiske og filosofiske Interesse krævede han baade fysiske og kemiske Øvelser, der skulde begynde »saasnart Tilhørernes Forkundskaber tillader det og drives med al den Iver, en Hoveddel af Undervisningen kræver.«

Sidst men ikke mindst maa nævnes, at der i den ene Ende af Festsalen med spanske Vægge var arrangeret en Stue med en Del Møbler fra Ørsteds Hjem: et dejligt Chatol, hans Skrivebord m. m. Væggene var prydede med mange Billeder, Portrætter af Ørsted og hans Familie samt to store Kobberstik, som Ørsted havde modtaget som Gave fra Münchener Gesellschaft.

Digitized by Google



Interiør fra H. C. Ørsted Mindeudstillingen paa den polytekniske Læreanstalt.

Digitized by Google

Skønt Udstillingen kun var aaben i 6 Dage midt i Sommerferien, var den dog besøgt af ca. 3000 Mennesker, et Vidnesbyrd blandt mange andre om, at Læreanstalten havde Glæde af den Tid og det Arbejde, der var ofret paa den.

Anmeldelser.

H. C. Ørsted: Naturvidenskabelige Skrifter. Samlet Udgave med to Afhandlinger om hans Virke ved Kirstine Meyer, f. Bjerrum. Bd. I—III, København 1920; i Kommission hos Andr. Fred. Høst & Søn. CLXVI + 348, 598, CLXVI + 420 Sider med 3 Portrætter i Lystryk. Pris heftet 90 Kr.

Særskilt kan faas:

Kirstine Meyer: The scientific life and works of H. C. Ørsted. CLXVI Sider. Pris heftet 10 Kr.

Kirstine Meyer: H. C. Ørsteds Arbejdsliv i det danske Samfund. CLXVI Sider. Pris heftet 10 Kr.

Ovenfor er anført Titlen paa det store Værk, som er udgivet af Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab og bekostet af Carlsbergfondet til Minde om Hundredaarsdagen for Opdagelsen af Elektromagnetismen 21. Juli 1820. Det var naturligvis Selskabet magtpaaliggende at faa dette Arbejde udført saa godt som muligt, og det henvendte sig derfor til Dr. phil. Kirstine Meyer, f. Bjerrum, der ved sine tidligere historisk-fysiske Arbejder havde vist sig at besidde særlige videnskabelige Evner til Løsningen af en saadan Opgave. I 1914 begyndte Fru Meyer paa Arbejdet, som hun fuldførte rettidig i Sommeren 1920. Resultatet af Fru Meyers Arbejde foreligger i tre tykke Bind af stort Format.

Første Bind indledes med et lille fint Billede af Ørsted som 26-aarig, reproduceret efter et Stik af Chrétien i Paris, hvor Ørsted opholdt sig i 1803. Efter et kort Forord om Værkets Tilblivelseshistorie følger en paa engelsk affattet Afhandling med Titlen Kirstine Meyer: The scientific life and works of H. C. Ørsted. Denne Afhandling, der fylder over 150 Sider, giver en udførlig Beretning om de Forhold, under hvilke Ørsteds videnskabelige Ar-

Digitized by Google

bejder fremkom, og om deres Forbindelse med og Indflydelse paa Datidens fysiske Videnskab. Man har her Lejlighed til at følge, hvorledes Ørsteds rige videnskabelige Tankeliv udvikledes og udfoldede sig fra den frodige Ungdomstid gennem Manddomstidens handlekraftige Virksomhedsperiode. Med ganske særlig Interesse læser man Afsnittet om Elektromagnetismens Opdagelse, hvorved Læseren faar en Følelse af, at Ørsted er en personlig Bekendt, hvis Gang og Arbejde i det fysiske Laboratorium man har haft Lejlighed til at følge. Fru Meyer fortjener Tak, fordi hun blandt Ørsteds efterladte Papirer har fundet og identificeret de oprindelige Forsøgsoptegnelser fra de Dage, da Ørsted med saa stort Udbytte foretog sine Undersøgelser over Elektromagnetismen. Mange af disse Optegnelser med tilhørende Figurer er gengivet i Facsimile, saa man kan følge Ørsteds Arbejde fra hans første maalbevidste, men dog famlende Forsøg til de sidste, der er systematisk og planmæssig gennemført og benyttet som Grundlag for det berømte Cirkulære af 21. Juli 1820. Som bekendt indeholder dette Cirkulære ikke en eneste Figur, saa det ikke saaledes som Optegnelserne har kunnet give nogen rigtig klar Forestilling om de Ørsted'ske Forsøg.

Fru Meyer gør særlig opmærksom paa, at Ørsted fortsatte sine elektromagnetiske Undersøgelser i nogen Tid efter Cirkulærets Udsendelse, og af det Arbejde, som han har offentliggjort herom, ser man, at Ørsted fik paavist, at den elektromagnetiske Krafts Størrelse afhænger af Strømstyrken og ikke af Spændingsfaldet i Ledningstraaden, samt at Virkningen ogsaa kan vises derved, at et ophængt elektrisk Kredsløb kan drejes, ved at man nærmer en Magnet dertil.

Vi skal ikke her komme nærmere ind paa Fru Meyers Beskrivelse af Ørsteds Arbejder over Vandets Sammentrykkelighed og de øvrige videnskabelige Arbejder, hvormed Ørsted beskæftigede sig. Dog er der Grund til at gøre opmærksom paa, at det synes godtgjort, at det ikke blot lykkedes Ørsted at fremstille vandfrit Aluminiumklorid, men ogsaa deraf at fremstille selve Metallet Aluminium. For øvrigt maa det være nok at sige, at hele Fru Meyers Afhandling viser, at hun har løst denne Del af Opgaven med fremragende Dygtighed, og at Bearbejdelsen helt igennem

Digitized by Google

viser den Kærlighed til Arbejdet, som er en nødvendig Betingelse for saa godt et Resultat.

Efter Fru Meyers Afhandling følger næsten 350 Sider med Ørsteds Afhandlinger fra Aarene 1797—1808. Den første er en Besvarelse af et Prisspørgsmaal: »Om Modervandets Oprindelse og Nytte«. Dernæst kommer en hel Række Afhandlinger, store og smaa, kemiske og fysiske, Originalarbejder og Bearbejdelser mellem hinanden.

Andet Bind indledes med et Billede af Ørsted fra 1822, en Reproduktion af Eckersbergs Maleri. Bindet er næsten 600 Sider stort og indeholder Ørsteds naturvidenskabelige Skrifter fra Tidsrummet 1808—1850. Den første Afhandling omhandler Klangfigurerne, dernæst kommer en 134 Sider stor Afhandling: »Ansicht der chemischen Naturgesetze« og saa »Tentamen nomenclaturæ chemicæ etc.«, der fylder 27 Sider. Paa de følgende 12 Sider finder man de korte, men yderst betydningsfulde Afhandlinger om Vandets Sammentrykkelighed, om Piperin og om Elektromagnetismen. Af det store Antal Afhandlinger, som findes i Resten af Bindet, optager Afhandlingerne om Legemernes Sammentrykkelighed en meget stor Del af Pladsen.

Tredie Bind indledes ligesom de to foregaaende med et Billede af Ørsted. Dette er en Reproduktion af C. A. Jensens Maleri fra 1844. Den første Afhandling bærer Titlen: Kirstine Meyer: H. C. Ørsteds Arbejdsliv i det danske Samfund. Denne Afhandling indledes med følgende Ord:

»Formaalet med den følgende Afhandling er at give en Skildring af H. C. Ørsteds Arbejde i det danske Samfund, oplyst gennem hans Virksomhed indenfor de Institutioner, hvortil hans Arbejde har været knyttet, eller som han selv har skabt. Denne Virksomhed ønsker jeg at skildre ikke alene gennem andres Vidnesbyrd derom, men saa vidt muligt dokumenteret af ham selv, ved Hjælp af hvad der indenfor disse Institutioners Arkiver eller trykte Beretninger findes af Skrivelser, Betænkninger, Bestemmelser, Indlæg i Diskussioner o. a. m. fra ham eller inspireret af ham. Det forekommer mig, at disse Ting maa, om end enkeltvis uden iøjnefaldende Betydning, sammenstillede og sammenholdte med Ytringer i Breve og andet mere personligt, skriftligt Ma-

Digitized by Google

teriale og med selve Institutionernes bekendte Udviklingsgang, kunne vise hans Betydning for disse og derigennem for det danske Samfund.

Mit Formaal er altsaa at fremstille i en Mosaik H. C. Ørsteds Billede som nyttig Samfundsborger med hans Samtids Forhold som Baggrund.«

Ved disse Ord er det ledende Princip for Afhandlingens Udarbejdelse givet, og Fru Meyer skildrer nu først Ørsteds Uddannelse og Forberedelse, dernæst hans Virksomhed for Universitetet og den fysiske Instrumentsamling, hans Virksomhed som Sekretær i Videnskabernes Selskab og endelig hans Virksomhed ved Dannelsen og Bestyrelsen af Selskabet for Naturlærens Udbredelse og den polytekniske Læreanstalt, der som bekendt skylder Ørsted deres Tilblivelse.

Ved Læsning af denne Afhandling har Anmelderen faaet det Indtryk, at Skildringen helt igennem er sanddru og udformet med sikker Sans for, hvad der er væsentligt, og hvad der er mindre væsentligt, saa Ørsteds eminente Betydning som Foregangsmand træder skarpt og tydeligt frem. Et Referat af denne Afhandling kan neppe skrives af nogen anden end Fru Meyer, og jeg vil derfor indskrænke mig til at citere følgende Linier, i hvilke Fru Meyer selv samler nogle af sine Indtryk af Ørsteds Personlighed.

»Ørsted havde Fantasi til at se Muligheder for samfundsnyttige Virksomheder og til at tænke sig dem udviklede til et højt Maal; han havde Tro paa, at Udviklingen kunde gennemføres, og Mod til at tage sig Arbejdet paa. Selv om Maalet langt fra naaedes, trættedes han ikke, men hans lyse Sind lod ham bevare Troen paa, at det kunde naaes, og fik ham til vedblivende at arbejde for det. Han har derved indledet og under trange Kaar opretholdt en Række Virksomheder, som i det forløbne Aarhundrede har udviklet sig til store og for Samfundet uundværlige Institutioner.

Sammenligner man Ørsted med den anden af vore berømte Naturvidenskabsmænd, som har gjort en stor Indsats i det danske borgerlige Livs Ordning, med Ole Rømer, da er baade deres Personligheder og deres Arbejdskaar iøjnefaldende forskellige, mens deres Arbejdsevne og Arbejdsvilje er af samme imponerende Om-

Digitized by Google

fang. Ørsted var tilbøjelig til at undervurdere de Vanskeligheder, han kunde møde paa sin Vej mod et Maal; naar han havde faaet en Overbevisning om dettes Betydning, hjalp hans Begejstring, hans gode Tro til Mennesker og hans Personligheds vindende Egenskaber ham til at naa det. Naar Rømer satte sig et Maal, gennemtænkte han med sin skarpe Forstand de Vanskeligheder, der kunde blive at overvinde, planlagde nøgternt, hvorledes Maalet skulde naaes, og var haandfast i sin Virkemaade for sine Planers Gennemførelse.

Ogsaa deres Arbejdskaar var vidt forskellige. Rømer blev k a l d e t til at arbejde med paa en ny Samfundsordning og til at skaffe praktiske og tekniske Reformer ført ud i Livet. Han satte selv Maalet og bestemte Metoden for disse Reformer og deres Gennemførelse, naaede Maalet og gennemførte det planlagte med Benyttelse af de forhaandenværende Magtmidler. Ørsted stod anderledes i Forhold til Regeringsmyndighederne; han skulde have alt ved Velvilje; han havde ikke andre Magtmidler end sin personlige Overbevisning, Indflydelse og Evne til at fremstille de tilstræbte Maal som attraaværdige og nyttige for Folket og dets Styrere.

For begge gjaldt det, at de delvis forlod det videnskabelige Arbejde i Laboratoriet for det praktiske i Samfundet, ikke fordi de undervurderede det første, men fordi Livets Krav blev dem for stærke.«

Fru Meyers Afhandling slutter med en Omtale af Ørsteds Oplysningsskrifter. Af dette Afsnit synes det, at især følgende Linier tjener ikke blot til Belysning af Ørsted selv, men ogsaa som Udtryk for Arten af Fru Meyers Arbejde:

»De sidste Aar af Ørsteds Liv blev fredfyldte. Trods sin høje Alder kunde han fortsætte det Arbejde som Forsker og Lærer, der havde givet hans Liv saa rigt et Indhold.

I hans Ungdom, hvor han i sin Forskning arbejdede med de store Systemer og de omfattende Synspunkter i Naturvidenskab, var hans Lærervirksomhed rettet mod at give den studerende Ungdom og de dannede Klasser de fornødne Forudsætninger for at erkende og arbejde med i denne Videnskab.

I hans Manddom, hvor hans Forskning var experimental, fik ogsaa hans Lærergerning et nyt Maal, Opdragelse af hans Landsmænd til teknisk Anvendelse af Naturvidenskabens Resultater.

Digitized by Google

I hans Alderdom gik hans Ungdoms Systematik og hans Manddoms Realisme op i en højere Enhed. Hans Systematik skulde nu omfatte ikke blot Naturvidenskaben, men Menneskets hele Forhold til Naturen og Livets Førelse, og hans Realisme fordrede, at Systemet byggedes op paa Grundlag af de evige, uforanderlige Naturlove, som Forskningen gennem Iagttagelse og Experiment havde fastslaaet. »Aanden i Naturen« viste Læseren den indre Sammenhæng mellem disse Love og det »Skjønne«, den viste »Kundskabsevnens Væsensenhed i det hele Verdensalt«, og den søgte at vise, at gennem de samme Love gik »Vejen fra Naturen til Gud«. Opfyldt til det sidste af disse Tanker døde han fredeligt midt i sit Arbejde.

Det Billede, som er tegnet af H. C. Ørsteds betydningsfulde Livsgerning i det danske Samfunds Tjeneste, viser, at han naaede saa store Resultater, fordi hans Forskeraand forenede i sig Fantasi med dyb Virkelighedssans, fordi han havde en lys og sikker Tro paa Værdien af de Maal, han satte sig, og paa Muligheden af at naa dem, og fordi han forenede denne Tillid med en aldrig svigtende Arbejdskraft og Arbejdsvilje.«

Efter Fru Meyers Afhandling følger en mere end 400 Sider stor Samling af Ørsteds blandede naturvidenskabelige Afhandlinger skrevet for hans Landsmænd i Aarene fra 1798 til Ørsteds Død i 1851.

Som antydet i Titlen indeholder Værket ikke Ørsteds filosofiske og poetiske Arbejder, saa Udgiveren har maattet foretage et Udvalg af, hvad der skulde medtages og hvad ikke. Dette Udvalg synes foretaget med stor Skønsomhed, og i det hele taget maa det siges, at Fru Meyer har beriget den danske Litteratur med et værdigt Minde om vor store Landsmand H. C. Ørsted. At dette er lykkedes saa godt, skyldes først og fremmest Fru Meyers dygtige og utrættelige Arbejde gennem alle de seks Aar, som Udgivelsen har taget, og man maa erkende, at det er et stort Held, at der netop nu lever en dansk Videnskabsdyrker, som har evnet at sætte Ørsted dette Minde.

Martin Knudsen.

Digitized by Google

viser den Kærlighed til Arbejdet, som er en nødvendig Betingelse for saa godt et Resultat.

Efter Fru Meyers Afhandling følger næsten 350 Sider med Ørsteds Afhandlinger fra Aarene 1797—1808. Den første er en Besvarelse af et Prisspørgsmaal: »Om Modervandets Oprindelse og Nytte«. Dernæst kommer en hel Række Afhandlinger, store og smaa, kemiske og fysiske, Originalarbejder og Bearbejdelser mellem hinanden.

Andet Bind indledes med et Billede af Ørsted fra 1822, en Reproduktion af Eckersbergs Maleri. Bindet er næsten 600 Sider stort og indeholder Ørsteds naturvidenskabelige Skrifter fra Tidsrummet 1808—1850. Den første Afhandling omhandler Klangfigurerne, dernæst kommer en 134 Sider stor Afhandling: »Ansicht der chemischen Naturgesetze« og saa »Tentamen nomenclaturæ chemicæ etc.«, der fylder 27 Sider. Paa de følgende 12 Sider finder man de korte, men yderst betydningsfulde Afhandlinger om Vandets Sammentrykkelighed, om Piperin og om Elektromagnetismen. Af det store Antal Afhandlinger, som findes i Resten af Bindet, optager Afhandlingerne om Legemernes Sammentrykkelighed en meget stor Del af Pladsen.

Tredie Bind indledes ligesom de to foregaaende med et Billede af Ørsted. Dette er en Reproduktion af C. A. Jensens Maleri fra 1844. Den første Afhandling bærer Titlen: Kirstine Meyer: H. C. Ørsteds Arbejdsliv i det danske Samfund. Denne Afhandling indledes med følgende Ord:

»Formaalet med den følgende Afhandling er at give en Skildring af H. C. Ørsteds Arbejde i det danske Samfund, oplyst gennem hans Virksomhed indenfor de Institutioner, hvortil hans Arbejde har været knyttet, eller som han selv har skabt. Denne Virksomhed ønsker jeg at skildre ikke alene gennem andres Vidnesbyrd derom, men saa vidt muligt dokumenteret af ham selv, ved Hjælp af hvad der indenfor disse Institutioners Arkiver eller trykte Beretninger findes af Skrivelser, Betænkninger, Bestemmelser, Indlæg i Diskussioner o. a. m. fra ham eller inspireret af ham. Det forekommer mig, at disse Ting maa, om end enkeltvis uden iøjnefaldende Betydning, sammenstillede og sammenholdte med Ytringer i Breve og andet mere personligt, skriftligt Ma-

Digitized by Google

teriale og med selve Institutionernes bekendte Udviklingsgang, kunne vise hans Betydning for disse og derigennem for det danske Samfund.

Mit Formaal er altsaa at fremstille i en Mosaik H. C. Ørsteds Billede som nyttig Samfundsborger med hans Samtids Forhold som Baggrund.«

Ved disse Ord er det ledende Princip for Afhandlingens Udarbejdelse givet, og Fru Meyer skildrer nu først Ørsteds Uddannelse og Forberedelse, dernæst hans Virksomhed for Universitetet og den fysiske Instrumentsamling, hans Virksomhed som Sekretær i Videnskabernes Selskab og endelig hans Virksomhed ved Dannelsen og Bestyrelsen af Selskabet for Naturlærens Udbredelse og den polytekniske Læreanstalt, der som bekendt skylder Ørsted deres Tilblivelse.

Ved Læsning af denne Afhandling har Anmelderen faaet det Indtryk, at Skildringen helt igennem er sanddru og udformet med sikker Sans for, hvad der er væsentligt, og hvad der er mindre væsentligt, saa Ørsteds eminente Betydning som Foregangsmand træder skarpt og tydeligt frem. Et Referat af denne Afhandling kan neppe skrives af nogen anden end Fru Meyer, og jeg vil derfor indskrænke mig til at citere følgende Linier, i hvilke Fru Meyer selv samler nogle af sine Indtryk af Ørsteds Personlighed.

»Ørsted havde Fantasi til at se Muligheder for samfundsnyttige Virksomheder og til at tænke sig dem udviklede til et højt Maal; han havde Tro paa, at Udviklingen kunde gennemføres, og Mod til at tage sig Arbejdet paa. Selv om Maalet langt fra naaedes, trættedes han ikke, men hans lyse Sind lod ham bevare Troen paa, at det kunde naaes, og fik ham til vedblivende at arbejde for det. Han har derved indledet og under trange Kaar opretholdt en Række Virksomheder, som i det forløbne Aarhundrede har udviklet sig til store og for Samfundet uundværlige Institutioner.

Sammenligner man Ørsted med den anden af vore berømte Naturvidenskabsmænd, som har gjort en stor Indsats i det danske borgerlige Livs Ordning, med Ole Rømer, da er baade deres Personligheder og deres Arbejdskaar iøjnefaldende forskellige, mens deres Arbejdsevne og Arbejdsvilje er af samme imponerende Om-

Digitized by Google

fang. Ørsted var tilbøjelig til at undervurdere de Vanskeligheder, han kunde møde paa sin Vej mod et Maal; naar han havde faaet en Overbevisning om dettes Betydning, hjalp hans Begejstring, hans gode Tro til Mennesker og hans Personligheds vindende Egenskaber ham til at naa det. Naar Rømer satte sig et Maal, gennemtænkte han med sin skarpe Forstand de Vanskeligheder, der kunde blive at overvinde, planlagde nøgternt, hvorledes Maalet skulde naaes, og var haandfast i sin Virkemaade for sine Planers Gennemførelse.

Ogsaa deres Arbejdskaar var vidt forskellige. Rømer blev kaldet til at arbejde med paa en ny Samfundsordning og til at skaffe praktiske og tekniske Reformer ført ud i Livet. Han satte selv Maalet og bestemte Metoden for disse Reformer og deres Gennemførelse, naaede Maalet og gennemførte det planlagte med Benyttelse af de forhaandenværende Magtmidler. Ørsted stod anderledes i Forhold til Regeringsmyndighederne; han skulde have alt ved Velvilje; han havde ikke andre Magtmidler end sin personlige Overbevisning, Indflydelse og Evne til at fremstille de tilstræbte Maal som attraaværdige og nyttige for Folket og dets Styrere.

For begge gjaldt det, at de delvis forlod det videnskabelige Arbejde i Laboratoriet for det praktiske i Samfundet, ikke fordi de undervurderede det første, men fordi Livets Krav blev dem for stærke.«

Fru Meyers Afhandling slutter med en Omtale af Ørsteds Oplysningsskrifter. Af dette Afsnit synes det, at især følgende Linier tjener ikke blot til Belysning af Ørsted selv, men ogsaa som Udtryk for Arten af Fru Meyers Arbejde:

»De sidste Aar af Ørsteds Liv blev fredfyldte. Trods sin høje Alder kunde han fortsætte det Arbejde som Forsker og Lærer, der havde givet hans Liv saa rigt et Indhold.

I hans Ungdom, hvor han i sin Forskning arbejdede med de store Systemer og de omfattende Synspunkter i Naturvidenskab, var hans Lærervirksomhed rettet mod at give den studerende Ungdom og de dannede Klasser de fornødne Forudsætninger for at erkende og arbejde med i denne Videnskab.

I hans Manddom, hvor hans Forskning var experimental, fik ogsaa hans Lærergerning et nyt Maal, Opdragelse af hans Landsmænd til teknisk Anvendelse af Naturvidenskabens Resultater.

Digitized by Google

I hans Alderdom gik hans Ungdoms Systematik og hans Manddoms Realisme op i en højere Enhed. Hans Systematik skulde nu omfatte ikke blot Naturvidenskaben, men Menneskets hele Forhold til Naturen og Livets Førelse, og hans Realisme fordrede, at Systemet byggedes op paa Grundlag af de evige, uforanderlige Naturlove, som Forskningen gennem Iagttagelse og Experiment havde fastslaaet. »Aanden i Naturen« viste Læseren den indre Sammenhæng mellem disse Love og det »Skjønne«, den viste »Kundskabsevnens Væsensenhed i det hele Verdensalt«, og den søgte at vise, at gennem de samme Love gik »Vejen fra Naturen til Gud«. Opfyldt til det sidste af disse Tanker døde han fredeligt midt i sit Arbejde.

Det Billede, som er tegnet af H. C. Ørsteds betydningsfulde Livsgerning i det danske Samfunds Tjeneste, viser, at han naaede saa store Resultater, fordi hans Forskeraand forenede i sig Fantasi med dyb Virkelighedssans, fordi han havde en lys og sikker Tro paa Værdien af de Maal, han satte sig, og paa Muligheden af at naa dem, og fordi han forenede denne Tillid med en aldrig svigtende Arbejdskraft og Arbejdsvilje.«

Efter Fru Meyers Afhandling følger en mere end 400 Sider stor Samling af Ørsteds blandede naturvidenskabelige Afhandlinger skrevet for hans Landsmænd i Aarene fra 1798 til Ørsteds Død i 1851.

Som antydet i Titlen indeholder Værket ikke Ørsteds filosofiske og poetiske Arbejder, saa Udgiveren har maattet foretage et Udvalg af, hvad der skulde medtages og hvad ikke. Dette Udvalg synes foretaget med stor Skønsomhed, og i det hele taget maa det siges, at Fru Meyer har beriget den danske Litteratur med et værdigt Minde om vor store Landsmand H. C. Ørsted. At dette er lykkedes saa godt, skyldes først og fremmest Fru Meyers dygtige og utrættelige Arbejde gennem alle de seks Aar, som Udgivelsen har taget, og man maa erkende, at det er et stort Held, at der netop nu lever en dansk Videnskabsdyrker, som har evnet at sætte Ørsted dette Minde.

Martin Knudsen.

Digitized by Google

Correspondance de H. C. Ørsted avec divers savants, publiée par M. C. Harding. Tome I et II, Copenhague 1920; H. Aschehoug & Co. XVI + 367, XII + 664 Sider. Pris heftet 45 Kr.

Det er et overmaade stort og vægtigt Materiale, der med ovennævnte to Bind er bragt for Dagen; de indeholder en Mængde Breve, dels større Samlinger af saadanne, vexlede mellem Ørsted og Videnskabsmænd, der stod ham nær, dels enkelte Breve vexlede med Mænd, som han stod i fjernere Forhold til; netop den store Kreds af berømte Korrespondenter viser hans internationale Betydning. Første Bind (367 Sider) indeholder Breve fra og til J. Berzelius, Chr. Hansteen og C. Weiss, 2det Binds første 260 Sider en stor Samling Breve fra I. W. Ritter, til hvilke der desværre — trods Inspektør Hardings Bestræbelser — ikke har kunnet findes de tilsvarende fra Ørsted. Resten af 2det Bind (S. 260—664) indeholder Breve til og fra 70 forskellige Videnskabsmænd samt en udførlig Navneliste.

Man kan forstaa, hvilket stort og omhyggeligt Arbejde der maa ligge bag ved en saadan Udgave af Originalbreve; de har skullet opspores og samles fra mange forskellige Steder i Europa, og de har skullet læses og kopieres. Alene Læsningen er et Kæmpearbejde og for manges Vedkommende et Kunststykke. Man behøver blot at kaste et Blik paa de Facsimila af Breve, der ledsager Udgaven, for at forstaa Vanskeligheden; allerede Brevet fra Humboldt, der er gengivet som Nr. 4 i Tome II, kan være svært at læse, men Brevene fra Ritter — af hvilke ét er gengivet som Facsimile Nr. 1 i Tome II — synes næsten umulige at tyde. Hertil kommer — saavidt jeg har forstaaet — at en Del af de Breve, der er fundne i Udlandet, er kommet hertil i saa smaa fotografiske Gengivelser, at de kun har kunnet læses med Lup.

Man maa være Inspektør Harding taknemmelig, fordi han har gennemført det store Arbejde. Han har derved tilvejebragt en enestaaende Kilde til Forstaaelse af H. C. Ørsteds Udvikling og Personlighed. Det er naturligvis særligt de store Serier af Breve, der har denne Betydning. Brevene fra Ritter giver saaledes et stærkt Indtryk af den Paavirkning, den unge Ørsted blev udsat for paa sin første Studierejse i Europa i 1801—03, da den tyske Natur-

Digitized by Google

filosofis mest fremtrædende Mænd kom til at udøve deres Indflydelse paa ham. Denne blev underbygget og støttet gennem det nære Forhold, han kom i til Ritter, og fik tilsyneladende en sikker Basis gennem Ritters mange Experimenter, der blev brugte til Bevis for de mest fantastiske Ideers Rigtighed. Ørsted forholdt sig kritisk overfor en Del af Filosoferne, mens Ritters Forbindelse af Naturvidenskab og Filosofi afvæbnede en Tid lang hans Kritik. Man forstaar, at Ritter maatte virke charmerende paa en ung Mand af Ørsteds Støbning. Hans første Breve er ejendommelige, muntre og interessante; de indeholder Beskrivelser af udmærkede Forsøgsrækker, som f. Ex. i et Brev af $^{21}/_{2}$ 1802*), og de er fulde af Ideer om de højeste Ting og af livfulde Betragtninger over Enhed i Alnaturen. Brevene fra de sidste Aar er derimod kun fantastiske og fulde af Klager over daarlige ydre Forhold. Ørsted var ikke blind for den aandelige Nedgang hos Ritter i hans sidste Aar, men vedblev dog at staa i Venskabsforhold til ham og at hjælpe ham efter Evne. Et Brev**) til Ørsted fra hans og Ritters fælles Ven Gehlen er skrevet kort efter Ritters Død i 1810; han fortæller om Dødsfaldet, om en mulig Udgivelse af Ritters Papirer og om Hjælp til hans Familie, samt beder om Ørsteds Assistance, idet han skriver: »Auf Sie rechnete Ritter auch besonders«.

En anden interessant Gruppe af Breve er vexlet mellem Ørsted og Weiss. Bekendtskabet med denne stammer ligeledes fra Ørsteds første Udenlandsrejse; de to unge jævnaldrende mødtes i Berlin for at studere Kemi, og Bekendtskabet vedligeholdtes gennem Aarene ved Breve; fra 1810 var Weiss Professor i Mineralogi i Berlin. I 1829 førtes en interessant Brevvexling imellem dem om Emner, som fra Ungdommen havde interesseret dem begge; den førtes i en saadan Form, at den kunde udgives, og det var Tanken at lade den fremkomme under Titlen: »Briefwechsel über Atomistik und Dynamik«. Offentliggørelsen har dog ikke fundet Sted før nu. Brevene viser, at Weiss staar paa det samme Kantiske Standpunkt, som begge Korrespondenterne stod paa i de unge Dage, mens Ørsteds Anskuelser har skiftet; Brevene fra denne giver et udmærket Bidrag til Forstaaelsen af hans Varme- og Lysteorier, som spillede en stor Rolle i hans Bog »Ansicht der chemischen Naturgesetze« fra 1812,

*) Tome II S. 10. **) Tome II S. 367.

Digitized by Google

og som i Aarene 1812—20 beskæftigede ham meget, men som efter den Tid ikke har spillet nogen stor Rolle i hans Produktion; de her fremdragne Breve viser, at han dog har beskæftiget sine Tanker meget med disse Teorier, og at han yderligere har udformet dem.

Brevvexlingen med Hansteen og Berzelius er af mere personlig Art.

Hansteen var Ørsteds Elev, og Forbindelsen mellem dem vedligeholdtes gennem Breve, efter at Hansteen i Juni 1814 var bleven Professor i Christiania, til Ørsteds Død i 1851. Man ser, at Ørsted viste Hansteen et uforanderligt Venskab og gjorde ham mange Tjenester; Hansteen trængte til Venlighed og Støtte; han var ofte misfornøjet, havde trange Kaar og daarligt Helbred, men var trods alt ihærdig med sit videnskabelige Arbejde paa Magnetismens Omraade, og Ørsted interesserede sig levende for dette Arbejde, hjalp ham til at faa det gjort bekendt og støttede ham med sin Autoritet; ogsaa rent personligt Venskab bringer Brevene Vidnesbyrd om. Mange Ytringer kaster Lys over Ørsteds Personlighed. Et af de sidste Breve giver saaledes et morsomt Exempel paa hans Forstaaelse af Mennesker*); det indeholder en Karakteristik af den unge Julius Thomsen, som Eftertiden har vist Rigtigheden af.

Brevvexlingen med Berzelius er ogsaa af ret personlig Karakter; den repræsenteres for Berzelius' Vedkommende i det væsentligste først af Breve efter 1820. Berzelius yndede ikke den filosofiske Retning, som Ørsted tilhørte i sine unge Aar, men hans Venskab for Ørsted blev efter Brevene at dømme meget varmt i hans sidste Leveaar.

Berzelius' Breve vidner om, at han var en Mand af en anden Støbning end de tre forud nævnte Korrespondenter. Hansteen gjorde hans Bekendtskab i Stockholm i 1817 og skrev til Ørsted**), at han har moret sig »usigelig i hans Selskab; han er den fortræffeligste Selskabsbroder, der kan tænkes. Men det er ogsaa det høieste, jeg vil sige til hans Roes; thi .... jeg synes, ikke jeg vil ansee ham som en ret Videnskabsmand. Han kan være en fortræffelig Empiriker, men Aanden har han ikke.« Berzelius' Breve har en Del morsomme Ytringer, der viser Berettigelsen af Hansteens før-

*) $^{13}/_{2}$ 1851. Tome I S. 249. **) Tome I S. 113.

Digitized by Google

ste Udsagn, og de videnskabelige Ting, Berzelius meddeler, er saa godt som alle af empirisk Art. I 1837 skriver han*) om nogle Undersøgelser, han beskæftiger sig med, og beklager, at det gaar »icke mere så raskt med rechercherna som förr«; et Arbejde, han har Lyst til at tage op, »invecklar i et haf af minutiösa undersökningar, för hvilka jag önskade mig Zeises outgrundliga tålamod och ihärdighet«**). I et Par af Brevene finder man en Hentydning til Forskellen i de to Venners Sindsretning. Ørsted sendte i Decbr. 1836 gennem Berzelius sit Digt »Luftskibet« til dennes Hustru og skriver samtidig***): »Jeg veed vel, at Du ikke holder af, at man saaledes adspreder sine Kræfter paa flere Fag; men saameget tør jeg dog sige til mit Forsvar, at det ikke kunde skrives uden af en Physiker.« Berzelius svarer hertil†): »Du var, likasom Davy, född til poët, och skaldesinnet har tagit ut sin rätt på gamla dagar. Det är nu jemt 30 år sedan vår första bekantskap och jag minnes, som vore det sedan i går, huru Du då med liflig hänryckning läste för mig åtskillige smärre skaldestycken af Göthe.«

I Enkeltbrevene til og fra de mange berømte Mænd findes der naturligvis ogsaa mange karakteristiske Ting. Jeg skal saaledes til Slutning nævne et Brev fra Ørsted til John Herschel d. $^{25}/_{8}$ 1849††). Det handler om Muligheden af en engelsk Udgave af »Aanden i Naturen«, som Ørsted kunde ønske at faa frem samtidig med den danske Udgave; han havde faaet Forbindelse med en engelsk Forlægger, og havde sendt denne en Oversættelse af en af de Dialoger, der skulde findes i Værket. Forlæggeren havde imidlertid sendt Oversættelsen tilbage med et decideret Afslag. Ørsted sender nu en Oversættelse af to Dialoger til Herschel og beder ham afgøre, om Emnet vil passe for et engelsk Publikum. Herschel tilbyder venligt at skaffe en Forlægger, men Ørsted læser mellem Linierne i hans Brev, at han mener, at der intet Publikum vil være i England for et saadant Værk. Ørsted skriver da†††), at han vil opfatte Brevet som et Raad om at opgive Udgivelsen i England, og at han vil følge Raadet »though I should be glad to take a pecuniary advantage of this undertaking, particularly at a time, where the war of my country causes me heavy losses of revenue.«

*) Tome II S. 621. **) Tome II S. 622. ***) Tome I S. 33.
†) Tome II S. 621. ††) Tome II S. 402. †††) Tome II S. 404.

Digitized by Google

Dette viser, at Ørsted i en Alder af 72 Aar til Trods for de mange Tjenester, han har ydet sit Land, ikke er fri for pekuniære Bekymringer. Tillige afsløres herigennem den store Forskel, der endnu midt i forrige Aarhundrede existerede mellem Interesser hos den dannede Almenhed i England og i den germanske Verden; i Tyskland blev »Aanden i Naturen« modtaget med Begejstring. — Efter Ørsteds Død blev Bogen dog oversat og udgivet af to engelske Damer, personlige Bekendte af Ørsted og hans Datter Mathilde.

Hermed være da denne store Brevsamling anbefalet til Læsning, ikke blot til dem, der har Interesse for H. C. Ørsted og hans Udvikling, men ogsaa til dem, der har Sans for den Form for Tids- og Personhistorie, som faas gennem Breve.

Kirstine Meyer, f. *Bjerrum.*

M. C. Harding: Hans Christian Ørsted. 15 Sider.
Helge Holst: H. C. Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen. 14 Sider.

Ørsted-Komiteen har haft den gode Tanke, at 100-Aars Dagen for Ørsteds Opdagelse skulde mindes i alle Landets Skoler, de højere saavel som Folkeskolerne, og for at ingen skulde savne det nødvendige Grundlag for en passende Omtale af Ørsted og hans Betydning for Videnskaben og Samfundet, har man sendt alle Skoler ovennævnte to smukt udstyrede Smaaskrifter, som er trykt paa Statens Bekostning.

Hardings Piece er en kortfattet, livlig og godt fortalt Levnedsskildring, hvorigennem man faar et levende Indtryk dels af Ørsteds smukke og harmoniske Livsførelse, dels af hans Betydning som Videnskabsmand og Samfundsborger. Skildringen er ledsaget af tre smukke Gengivelser af Portrætter af Ørsted, nemlig Ungdomsbilledet fra 1803 og Eckersbergs og Marstrands Malerier fra en senere Alder.

Helge Holsts Bog, der mere specielt behandler Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen, begynder med en kort Udvikling af Elektricitetens og Magnetismens Historie før Ørsteds Tid; i Hovedafsnittet skildres selve Opdagelsen, og i et Slutningsafsnit dennes

Digitized by Google

ydre Følger, hvoriblandt ogsaa nævnes Søren Hjorths og Valdemar Poulsens Arbejder.

Helge Holsts kendte og skattede Egenskaber som populær-videnskabelig Forfatter kommer ogsaa i fuldt Maal frem i denne lille Bog. De, som ikke har Lejlighed til at gøre Bekendtskab med hele den righoldige Ørsted-Litteratur fra disse Dage — og for dem er jo denne lille Bog først og fremmest bestemt — vil gennem den faa fyldig Besked om Forudsætningerne for Ørsteds Opdagelse, hvad denne gik ud paa, og dens Vurdering af Samtidens videnskabelige Verden. Der bliver gjort Rede for, hvorledes Opdagelsen ikke var en Tilfældighed, men tværtimod Frugten af et maalbevidst Arbejde. En Tilfældighed var det derimod, at andre kom Ørsted i Forkøbet med at vise Opdagelsens mest umiddelbare Følger.

Der er god Grund til at være saavel Forfatterne som Ørsted-Komiteen taknemmelig for Udsendelsen af disse Smaaskrifter, og man maa haabe, at de ogsaa, efter at Festdagene er forbi, maa blive flittigt læst af den Ungdom, som de er bestemt for.

L. Christiansen.

Absalon Larsen: La découverte de l'électromagnétisme faite en 1820 par J.-C. Oersted. Publication aux frais du trésor pour le comité J.-C. Oersted. 46 Sider i Kvart. Copenhague 1920.

Dette lille smukt udstyrede Skrift indeholder i Faksimile H. C. Ørsteds paa Latin affattede Rundskrivelse: Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam, Hafniae 1820, i hvilken han meddelte de Forsøg, som førte ham til Opdagelsen af Elektromagnetismen; i Erkendelse af Opdagelsens Betydning sendte han Skriftet ud til et stort Antal Videnskabsmænd samt til Tidsskrifter og Selskaber. Meddelelsen vakte stor Opsigt blandt Datidens Fysikere og blev allerede samme Aar gengivet i Oversættelse til Fransk, Italiensk, Tysk og Engelsk. Professor Absalon Larsen har haft den gode Idé at gengive i Skriftet disse fire Oversættelser ligeledes i Faksimile og tillige den danske Oversættelse, der fremkom i Rahbeks Tidsskrift Hesperus; i den sidste er der indført Rettelser af nogle faa Fejl, der skyldes dels Trykfejl dels Misforstaaelser fra Oversætterens Side.

Særlig Interesse knytter der sig til de Fodnoter, der ledsager

Digitized by Google

de tre førstnævnte Oversættelser. Redaktionen af Annales de chimie et de physique bemærker, at den i Almindelighed ikke optager »trop à la légère« Meddelelser om nye mærkelige Opdagelser, hvad man ikke har haft Grund til at fortryde; men Ørsteds Meddelelse, hvor besynderlig den end kunde synes at være, indeholdt saa mange i det enkelte gaaende Oplysninger, at der ikke var Grund til at drage Rigtigheden af Iagttagelserne i Tvivl. Det bemærkes yderligere, at Tidsskriftets Redaktør har overværet de la Rives bekræftende Gentagelse af Ørsteds Forsøg.

Hverken den franske eller den italienske Oversætter har kunnet forstaa Ørsteds kortfattede Beskrivelse af sit Batteri; hver Celle af dette var et Kobberkar, hvori der hang en Zinkplade ned baaren af to fra Nabocellens øvre Rand udgaaende Kobberbøjler.

Ørsted kalder sit Batteri »apparatus galvanicus«, der i den italienske Oversættelse gengives ved »apparecchio voltiano«, og i en Fodnote gøres der opmærksom paa, at Opfindelsen af Apparatet skyldes Volta.

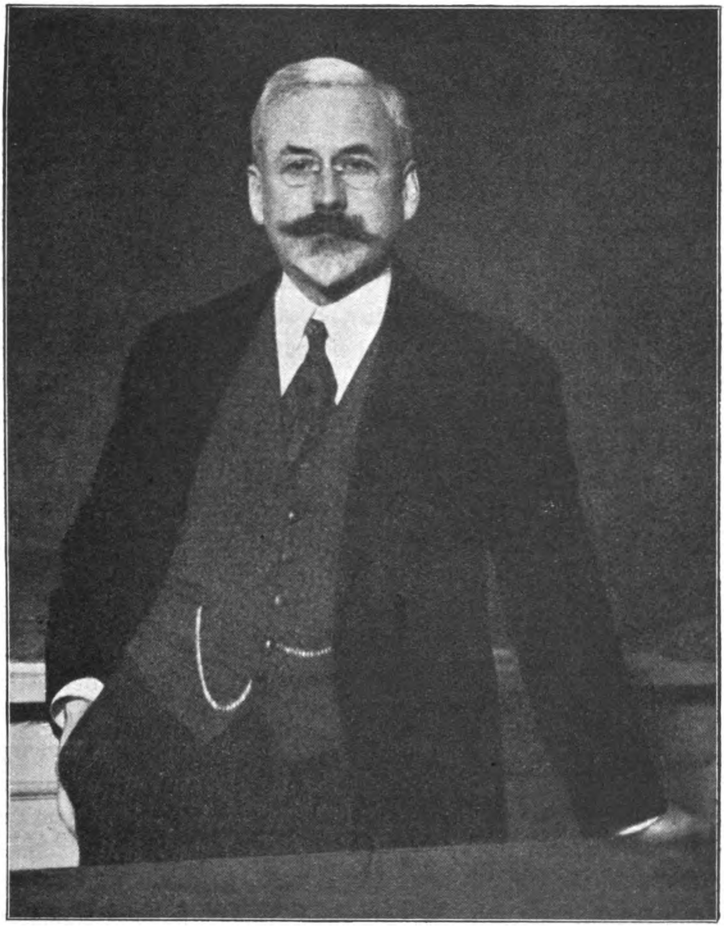
Den tyske Oversættelse er ledsaget af et større Antal Fodnoter med Forsøg paa Forstaaelse af ikke klart opfattede Steder i den latinske Tekst.

I et Forord affattet baade paa Fransk og Engelsk giver Professor Absalon Larsen paa tre Kvartsider en fortræffelig Oversigt over de Forhold, der knyttede sig til Ørsteds Opdagelse og hans Beretning om den, saaledes hans stadige Beskæftigelse, før Opdagelsen blev gjort, med Spørgsmaalet om Forbindelsen mellem Elektriciteten og Magnetismen, som han allerede da, i Forbindelse med Forsøget paa at opstille en elektrisk Teori for Lyset, tænkte sig kunde være betinget af strømmende Elektricitet eller, som han udtrykte det, af Konflikten, »Vexelkampen«, mellem de to Slags Elektricitet; i Forordet gøres opmærksom paa Analogien mellem denne Opfattelse af Strømmen som en Vexelkamp og Nutidens Antagelse om Elektronerne, der farer frem mellem Atomerne i Strømlederen.

Skriftet, hvis Udgivelse er bekostet af Ørstedkomiteen, er trykt i 3000 Exemplarer; det er ikke i Boghandelen men er uddelt til særlig interesserede hidtil i et Antal af omtr. 2500.

K. Prytz.

Digitized by Google



Ch. E. Guillaume.

Nobelpristager i Fysik 1920.

Af K. Prytz.

Charles Edouard Guillaume, der er Direktør for det internationale Bureau for Maal og Vægt i Sèvres, har modtaget Nobelprisen i Fysik for Aaret 1921, efter hvad der er bleven meddelt, som Belønning for hans Arbejder over Legeringer af Nikkel og Jærn. Guillaume blev allerede i 1883 knyttet til det internationale Bureau i Sèvres. I 1889 blev han ansat som »Savant attaché« ved Bureauet.

Digitized by Google

I 1902 blev han »Directeur adjoint« under Benoît og i Maj 1915 efter Benoît's Afgang Direktør for Bureauet.

Guillaume er Sveitser af Fødsel og sveitsisk Borger trods sit lange Ophold i Frankrig; han har derfor ogsaa offentliggjort adskillige af sine Arbejder i Archives de Genève. Allerede i 1883 er han, som ovenfor nævnt, beskæftiget i det internationale Bureau, idet han sammen med Nordmanden Isaachsen, den nuværende Justerdirektør i Norge, fik det Hverv under Benoît at undersøge Kvægsølvtermometre af verre dur, en Glassort, som benyttedes i den franske Glasindustri. Som bekendt var man i forrige Aarhundrede bleven opmærksom paa Usikkerheden ved Kvægsølvtermometrets Angivelser som Følge af Frysepunktets tilsyneladende vilkaarlige Foranderlighed; det havde til Følge, at Regnault i sine store Arbejder saa at sige kasserede Kvægsølvtermometret, idet han udelukkende grundede sine Iagttagelser paa Lufttermometret, hvad der blev muligt paa Grund af de store Dimensioner han gav sine Apparater.

Da det internationale Bureau begyndte sin Virksomhed, indsaa man Nødvendigheden af saavidt muligt at gøre det bekvemme Kvægsølvtermometer brugeligt ogsaa ved nøjagtige Arbejder. Af den Grund lod Bureauets daværende Direktør, Nordmanden Brock, forsøgsvis, ved Tonnelot, udføre Præcisionstermometre af verre dur; og Guillaume og Isaachsen fik den Opgave at undersøge dem. Som bekendt førte Undersøgelsen til det Resultat, at verre dur var en fortræffelig Termometerglassort, som Bureauet derefter benyttede til sine Præcisionstermometre. Da der indløb en stor Mængde Bestillinger paa disse, der ønskedes undersøgte i Bureauet, blev der antaget Damer til at udføre den mere mekaniske Del af Undersøgelsen, og denne stilledes i 1887 under Guillaumes Ledelse. Paa den Maade kom Guillaume ind paa sine meget betydningsfulde Termometerarbejder, der har gjort ham til en første Autoritet paa dette Omraade. I 1889 udgav han »Traité pratique de la thermométrie de précision«. I 1894 beskriver han Undersøgelsesarbejdet ved omtrent 80 Tonnelot-Termometre i »Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures« Bd. 10.

Ved Siden af og naturligvis i nøje Forbindelse med Termometerundersøgelserne udførte Guillaume sammen med Benoît Maalingen af Meterprototypernes Udvidelse ved Opvarmning. Herved

Digitized by Google

er han naturligt kommen ind paa Spørgsmaalet om Materialet til Maalestokke; naturligvis kan der kun for de fornemste Normaler, Prototyperne, være Tale om at anvende saa kostbart et Materiale som Platin-Iridium. I 1894 undersøger han Brugbarheden af ren Nikkel og en Legering af 35 Ni og 65 Cu samt Aluminiumbronze og Fosforbronze; de to sidste var ikke anvendelige, ren Nikkel var vanskeligt at fremstille med en god Overflade; Legeringen viste sig velegnet. I 1897 kommer Guillaume ind paa det Omraade, der især har gjort ham berømt, nemlig Undersøgelsen af Legeringerne af Nikkel og Jærn. Ved at undersøge 19 forskellige Legeringer med Ni-Procenter varierende jævnt fra 0 til 100 fandt han det mærkelige Forhold, at Udvidelseskoefficienten, der kun er lidt forskellig for rent Ni og rent Fe, aftager hurtigt med voksende Ni-Procenter fra 25 pCt. indtil 36 pCt., hvor den naar et stærkt udpræget Minimum, der viser en Udvidelseskoefficient paa kun omtrent $^1/_{10}$ af Jærnets, hvorefter Koefficienten atter vokser, først hurtigt, senere langsomt for ved 70 pCt.—80 pCt. at naa det rene Nikkels Værdi. I en Bog: »La mesure rapide des bases géodésiques« af Benoît og Guillaume, hvis 5. Udgave udkom i 1917, gives der følgende Oversigt over Legeringernes Forhold: Ved de lavere Ni-Procenter kan Legeringen eksistere i to forskellige Tilstande efter de Temperaturvariationer, den har været underkastet; ved Procenter over 25 eller 26 har Legeringen kun een Tilstandsform, men frembyder mærkelige Anomalier, hvad Udvidelsen angaar. Udvidelseskoefficienten for enhver af de sidstnævnte Legeringer er i sin Afhængighed af Temperaturen indenfor et udstrakt Temperaturomraade fremstillet ved en sinusformet Kurve, der bestaar af tre Afdelinger med jævn Overgang fra den ene til den anden; ved lave Temperaturer er Udvidelsen omtrent normal, ved mere almindelige Temperaturer bliver den meget lille, og ved høje Temperaturer er den i Reglen større end hvad en Beregning efter Blandingsforholdet vilde give. Kurvesystemet forskyder sig i Koordinatsystemet efter Nikkelholdigheden.

Sammen med Forholdene ved Udvidelsen blev ogsaa Elasticitetsforhold, Vægtfylde og magnetiske Egenskaber undersøgte for de forskellige Legeringer, der i disse Henseender viste Forhold analoge med de ovennævnte. Derimod viste den elektriske Ledningsevne ikke tilsvarende Anomalier.

Digitized by Google

Guillaumes gennem 20 Aar udførte Arbejde med Ni-Fe-Legeringerne har i sig selv stor videnskabelig Interesse som en med sjælden Konsekvens, Udholdenhed og Forstaaelse gennemført Undersøgelse; men den har tillige ført til vigtige praktiske Anvendelser. Den Omstændighed, at man i de forskellige Legeringer har Udvidelseskoefficienter varierende fra omtrent 1,5 til omtrent 13 Milliontedele, mellem hvilke Grænser Glassets og Platinets Koefficienter ligger, betinger, at man kan erstatte Anvendelsen af Platin til Indsmeltningstraade i Glødelamper med en Ni-Fe-Legering, og at man af en saadan kan fremstille Maalestokke, som praktisk talt har samme Udvidelseskoefficient som Prototyperne. En særlig Betydning har Legeringen ved Minimum af Udvidelse, det saakaldte Invar, faaet dels ved Længdemaalinger især ved Maalinger i Marken, hvor Temperaturvariationerne kan blive meget store, dels til Anvendelse i Ure; ved Penduluret kan man opnaa Kompensation for Temperaturvariationer ved at danne Pendulet af en Invarstang og en Messinglinse, og i transportable Ure har Guillaume med stor Fordel kombineret Invars ringe Udvidelse med Temperaturens Indflydelse paa Ni-Fe-Legeringers Elasticitetsforhold.

Ved Siden af sit store Arbejde i det internationale Bureau har Guillaume lejlighedsvis arbejdet paa forskellige andre fysiske Omraader end dem der stod i Forbindelse med »Maal og Vægt«, saaledes med Straalingsenergi, elektriske Udladninger, Røntgenstraaler og mekaniske Forhold; for det sidstnævntes Vedkommende skal anføres et morsomt lille Forsøg, som viser, at der skal et mindre Ryk til at sprænge en Traad, naar denne er belastet, end naar den er ubelastet, idet Rykket frembringes ved et faldende Lod.

Efter sit Besøg i Stockholm, hvor han modtog Nobelprisen, lagde Guillaume Hjemvejen over København, hvor han paa den polytekniske Læreanstalt holdt et Foredrag for Lærerne og de studerende om sine Arbejder. Da han som ovenfor nævnt blev Direktør for Bureauet i 1915 har han under det meste af Verdenskrigens Aar staaet paa en meget udsat Post som Vogter af de internationale Prototyper for Meteren og Kilogrammet og af de andre baade pekuniært og videnskabelig set store Værdier, som Bureauet huser. Han har meddelt mig noget om, hvad han oplevede under Krigen. Krigsindkaldelserne havde blottet Bureauet i den Grad for dets Personale, at da Benoît gik af som Direktør i 1915 var Guillaume

Digitized by Google

saa at sige alene tilbage, uden nogen teknisk Medhjælp. Bureauets sædvanlige Arbejde maatte for en Tid vige for Øjeblikkets bydende Krav: at indrette sig paa Krigsforholdene. Men da det var sket mod Slutningen af 1915, kunde Guillaume tage sit Arbejde med Legeringer op med fuld Kraft og med stort Udbytte; formodentlig har hans Ensomhed og den dermed følgende Fritagelse for de sædvanlige daglige Forretninger givet ham rig Lejlighed til at fordybe sig i sine Yndlingsundersøgelser. Arbejdet blev holdt gaaende under Bombardementerne endogsaa under den tyske Fremrykning mod Paris. Selv under den første Dags Bombardement fra den »store Bertha«, mens man endnu var uvidende om, hvorfra dens Granater kom, fortsatte Guillaume sit Arbejde i Laboratoriet. Først i Februar 1919 begyndte hans Medarbejdere at komme tilbage, saa at Virksomheden efterhaanden kunde glide tilbage i Sporene fra før Krigen.

Under den første tyske Fremrykning mod Paris, da den franske Regering forlod Byen, synes man at have sikret Bureauet mod Overlast ad diplomatisk Vej. Men senere, under Flyverangrebene og »store Bertha«s Bombardement, blev der truffet Sikkerhedsforanstaltninger mod Projektilerne, og forøvrigt havde man indrettet sig paa en hurtig Evakuering for paakommende Tilfælde. Flytningen til et andet Sted i Frankrig vilde man dog kun ty til i yderste Nødsfald paa Grund af de Flyverangreb Jærnbanetogene var udsatte for.

Det trillende Tøndebaand.

Af K. Prytz.

I en i forrige Aar udkommen Bog, »Læren om faste Legemers Bevægelse« II, har jeg under Fællesbetegnelsen: »Det trillende Hjul« behandlet Bevægelser, man kender fra Tøndebaandet, Diskus, og en trillende eller snurrende Mønt, særlig deres Bevægelse i skraa Stilling paa et vandret Underlag, ved hvilken de paa dette beskriver en krum Bane. Her skal nærmere omtales de Forhold, der gør sig gældende ved en Drengs Leg med Tøndebaandet. Dette sættes i Bevægelse saavidt muligt i et lodret Plan; Gnidnin-

Digitized by Google

gen mod Jorden sørger for, at Bevægelsen bliver en rent rullende, altsaa uden samtidig Glidning; Bevægelsen holdes vedlige ved passende Slag mod Bagsiden af Hjulet; dette vil imidlertid fra Begyndelsen have en større eller mindre Hældning, eller Paavirkning fra Ujævnheder i Banen vil give det en Hældning, som tydeligst giver sig tilkende ved, at dets Bevægelsesretning afviger fra den tilsigtede, idet det viger ud til den Side mod hvilken det hælder; for at rejse det op og derved faa det til at gaa som det skal, lægger Drengen den Pind, der bruges til Fremdriften, mod den Side af Baandet, til hvilken dette hælder. Her gør der sig imidlertid lignende Forhold som ved Snurren gældende. Hælder dens Axe, og vil man rejse den, maa man ikke følge den naturlige Tilskyndelse at give Axen et Tryk med Retning i Hældningsplanet; det vil kun bevirke, at Axen smutter ud til Siden, at Hældningsplanet forandres. Derimod vil, som bekendt, et Tryk vinkelret paa Hældningsplanet rejse Axen op i dette Plan, naar det virker paa den rigtige Side af Axen, d. v. s. den, der, hvis Axen rullede paa det Legeme, der øver Trykket, vilde give en opadgaaende Rulning (l. c. S. 95). Tilsvarende gælder for Tøndebaandet; giver man det Paavirkningen i det øverste Punkt, vil dets Axe ikke rejse sig; Virkningen bliver kun, at Baandet forandrer sin Bevægelsesretning.

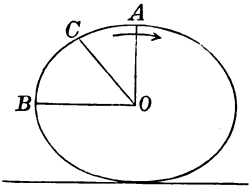


Fig. 1.

Fig. 1 forestiller Tøndebaandet med sin Axe hældende i et Plan vinkelret paa Papirets og visende nedad i Retningen fremad fra Papiret; det løber saaledes som Pilen viser. Hældningen bevirker, at Baandet vil vige ud til højre fra den tilsigtede Retning. Virkningen af et Tryk i det øverste Punkt *A* rettet ind mod Papiret, vilde, hvis Baandet havde en legemlig Axe, svare til et opadgaaende Tryk paa denne; i Henhold til hvad der ovenfor blev sagt om Snurren, vil Trykket bevirke, at Axen faar en Drejning fra højre

Digitized by Google

mod venstre, det korrigerer derfor den misvisende Bevægelsesretning, men Hældningen paavirkes ikke væsentligt.

Et Tryk i *B*, 90° fra *A*, vil derimod forandre Hældningen i den rigtige Retning, hvad man vil indse ved en tilsvarende Betragtning som for *A*'s Vedkommende; men Trykket vil være uden Indflydelse paa Bevægelsesretningen. To samtidige Tryk i *A* og *B* vilde altsaa kunne gøre den tilsigtede Virkning. Hvad gør nu Drengen med den ene Pind, han har i Haanden? Han gør det, som Erfaringen har lært ham vil hjælpe; han lægger Pinden let imod et passende Sted *C* af Baandet mellem *A* og *B*; et Tryk i *C* vil dreje Axen i et Plan vinkelret paa *CO* og vil saaledes kunne rette begge Fejlene.

Støder et Tøndebaand, der triller i lodret Plan paa en Vejs Kørebane, vinkelret ind mod Kantstenen, som begrænser Fortovet, vil det, som den elastiske Ting det sædvanligt er, springe op; men efter Omstændighederne, Farten og Kantstenens Højde i Forhold til Baandets Radius, kan det kastes tilbage, springe lodret op eller efter Springet fortsætte sin Fart paa Fortovet. Modstødet fra Stenkanten vil i Regelen ikke være rettet mod Centrum og vil derfor have Indflydelse baade paa Baandets Rotationshastighed og paa Størrelse og Retning af Tyngdepunktets Hastighed. Den fortsatte Bevægelse vil afhænge deraf og af den Højde, som Tyngden tillader det at stige; derved bestemmes nemlig dels det Sted, hvor Baandet efter det paafølgende Fald atter træffer Jorden, dels dets Bevægelsestilstand forud for det nye Stød, som det nu faar.

I det følgende skal jeg, ud fra elementære mekaniske Sætninger, noget nærmere undersøge forskellige af de Bevægelser, som kan falde for ved Leg med Tøndebaandet.

Hvis et Tøndebaand, som triller i et lodret Plan paa et vandret Underlag, bevæger sig rent rullende ɔ: uden samtidig at glide, gælder Ligningen $v = r\omega$, hvor r er Radius for den Cirkel, der rører Underlaget, v Hastigheden for Centrum, der ogsaa er Tyngdepunktet, og ω Vinkelhastigheden. Baandets nederste Punkt har Hastigheden Nul, det øverste en vandret Hastighed $2v$. De Punkter, der falder sammen med Endepunkterne af en vandret Diameter, vil have modsat rettede Hastigheder, af Størrelse $v\sqrt{2}$, som danner Vinkler paa 45° med Diametren; disse Hastigheder sammensættes

Digitized by Google

nemlig af de to ligestore, paa hinanden vinkelrette Komposanter v og $r\omega$.

1. Kaster man Baandet som en Diskus fremad, saa at Tyngdepunktet faar en vandret Hastighed v_0, idet man samtidig bibringer det en Rotation ω_0 om en vandret Axe gennem Tyngdepunktet, vil Baandet begynde med at slæbe paa Underlaget, hvorved Gnidningen vil ændre saavel Tyngdepunktets Hastighed v som Vinkelhastigheden ω. v_0's Retning vælges til positiv Retning for v; ω regnes positiv, naar Baandet, set fra v_0's højre Side, roterer med Urviseren. Det nederste Punkt har da Hastigheden $v - r\omega$ i Forhold til Underlaget. Gnidningsmodstanden f vil være modsat rettet

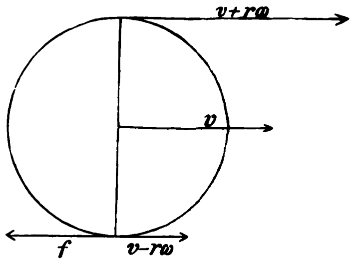


Fig. 2.

denne Hastighed. Er Baandets Inertimoment om den geometriske Axe lig I, dets Masse lig m, og kaldes Tiden t, faar man

$$\omega = \omega_0 \mp \frac{fr}{I} t \text{ og } v = v_0 \pm \frac{f}{m} t \tag{1}$$

De øverste Fortegn bruges, naar $r\omega_0 > v_0$, de nederste, naar $r\omega_0 < v_0$, idet f altid regnes positiv.

Kaldes de Hastigheder, der svarer til ren Rulning, ω_1 og v_1, har man $v_1 = r\omega_1$. Ved (1) faar man, efter Elimination af ft og uafhængigt af Fortegnsvalget

$$\omega_1 = \frac{I}{I + mr^2}\omega_0 + \frac{mr^2}{I + mr^2}\frac{v_0}{r}, \quad v_1 = r\omega_1 \tag{2}$$

For et almindeligt Tøndebaand kan man med stor Tilnærmelse sætte $I = mr^2$, og man faar da

$$\omega_1 = \tfrac{1}{2}\left(\omega_0 + \frac{v_0}{r}\right), \quad v = \tfrac{1}{2}(r\omega_0 + v_0) \tag{3}$$

Digitized by Google

Tabet i kinetisk Energi bliver i det Tilfælde, naar E er den oprindelige, E_1 den til ω_1 og v_1 svarende Energi,

$$E - E_1 = \tfrac{1}{2}E - \tfrac{1}{2}mr\omega_0 v_0.$$

Hvis enten ω_0 eller v_0 er lig Nul, tabes den halve Energi. Tabet bliver Nul, hvis $v_0 = r\omega_0$.

Kastes Tøndebaandet saaledes, at det faar en negativ Rotation ω_0, skal de nederste Fortegn i (1) bruges; numerisk vil da baade ω og v være aftagende. Begge vil ifølge (2) samtidig blive Nul, Baandet vil standse og falde, naar $\frac{r\omega_0}{v_0} = -\frac{mr^2}{I}$. Er $I = mr^2$, sker dette, naar $r\omega_0 = -v_0$. Hvis ω_0 er numerisk større end $\frac{v^0}{r}$, vil Baandet trille tilbage mod Afsenderen.

2. Ruller Tøndebaandet ned ad et Skraaplan, hvis Hældningsvinkel er α, finder man lettest Tyngdepunktets Akceleration g paa følgende Maade. Da det Punkt, som i Øjeblikket rører Skraaplanet, er i Hvile, kan Bevægelsen karakteriseres som en Rotation med Vinkelhastigheden ω om en vandret, instantan Axe gennem Røringspunktet og vinkelret paa Baandets Plan. Da Tyngdekraftens Moment om denne Axe er $mGr \sin\alpha$, hvor G er Tyngdeakcelerationen, faar man, idet Inertimomentet om Axen er $I + mr^2$,

$$(I + mr^2)\frac{d\omega}{dt} = mGr\sin\alpha.$$

Da $\omega r = v$, faar man Tyngdepunktets Akceleration g bestemt ved

$$g = \frac{dv}{dt} = r\frac{d\omega}{dt} = \frac{mr^2}{I + mr^2} G\sin\alpha.$$

Af g's Værdi finder man Resultanten mg af de ydre Kræfters Komposanter i Bevægelsesretningen. De ydre Kræfter er, foruden mG, det paa Skraaplanet vinkelrette Tryk og en Gnidning f; Trykket giver ingen Komposant i v's Retning; den søgte Resultant er derfor lig $mG\sin\alpha + f$. Man faar $mg = mG\sin\alpha + f$, hvoraf Gnidningen f bestemmes,

$$f = -\frac{I}{I + mr^2} mG\sin\alpha.$$

Digitized by Google

f er modsat rettet v; dens Tilstedeværelse er Betingelse for, at der finder ren Rulning Sted. Uden Gnidning vilde Baandet glide. Kan man regne med $I = mr^2$, bliver Tyngdepunktets Akceleration g det halve af den for et uden Gnidning glidende Legeme; den for Rulning nødvendige Gnidning bliver det halve af Komposanten $mG\sin\alpha$.

Denne Gnidning udfører intet Arbejde. At det kan være saa, uagtet den virker akcelererende paa Rotationen, forklares ved, at den samtidig virker retarderende paa Tyngdepunktets Bevægelse. Den kinetiske Energi er $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$; heraf faas:

$$\frac{dE}{dt} = mv\frac{dv}{dt} + I\omega\frac{d\omega}{dt},$$

hvoraf faas $dE = mGv\sin\alpha\, dt$.

Da $v\sin\alpha dt$ er den Vej Tyngdepunktet falder i Tiden dt, ses det, at Energiændringen kun har med Tyngdekraftens Arbejde at gøre.

3. Tøndebaandet støder med vandret Tyngdepunktshastighed mod en Kantsten; Bevægelsen umiddelbart efter Stødet undersøges. I Fig. 3 er A Stødpunktet, C Centrum og M Røringspunktet med Underlaget; $\angle MCA = \beta$. Det forudsættes, at Punktet A standses straks ved Stødet. Umiddelbart før Stødet er M i Hvile; den paa Baandets Plan vinkelrette Linie gennem A er instantan Rotationsaxe, idet det forudsættes, at $r\omega = v$; da den tillige er principal Inertiaxe, bliver Baandets Impulsmoment m. H. t. denne Axe

$$D_M = (I + mr^2)\omega$$

Man søger Baandets Impulsmoment D_A før Stødet m. H. t. Punktet A. Bevægelsestilstanden før Stødet kan opfattes som en Rotation ω om en Axe gennem A, parallel med Axen gennem M, i Forbindelse med en Translation af Størrelse $\omega \cdot \overline{AM}$ med Retning fra C vinkelret paa AM. Disse to Bevægelser vil nemlig give M Hvile og give A den Bevægelse i Forhold til Jorden, som det virkelig har. De to Bevægelser vil give et Impulsmoment D_A m. H. t. A, som er Summen af Tyngdepunktets Bevægelsesmængdes Moment og det fra Rotationen hidrørende Moment; altsaa faar man

$$D_A = (I + mr^2)\omega - mr^2(1 - \cos\beta)\omega = (I + mr^2\cos\beta)\omega.$$

Digitized by Google

Mens Stødet staar paa, vil, naar man forudsætter et saa kraftigt Stød, at Tyngdekraften er forsvindende lille i Sammenligning med Stødkræfterne, de ydre Kræfter alene virke i det faste Punkt A; heraf følger, at Impulsmomentet m. H. t. A bliver uforandret under Stødet. Stødet falder i to Perioder; i den første deformeres Baandet stadigt mere, indtil alle dets Massedele har faaet en fælles Rotation med Vinkelhastighed ω_1 om Axen gennem A. Idet Baandet forudsættes saa stift, at Deformationen ikke kendeligt forandrer Inertimomentet, faar man

$$D_A = (I + mr^2)\omega_1 = (I + mr^2 \cos\beta)\omega, \quad \omega_1 = \frac{I + mr^2 \cos\beta}{I + mr^2}\,\omega.$$

Kan man sætte $I = mr^2$, faar man

$$D_A = mr^2\omega(1 + \cos\beta), \quad \omega_1 = \frac{1 + \cos\beta}{2}\,\omega = \omega\cos^2\frac{\beta}{2}.$$

Det forudsættes, at man med tilstrækkelig Tilnærmelse kan betragte Baandet som fuldkommen elastisk og Kantstenen som absolut fast; i den anden Periode af Stødet vil der da fremkomme de samme Stødvirkninger som i første Periode, kun i omvendt Orden.

For at finde Bevægelsen umiddelbart efter Forløbet af den anden Periode vil det være hensigtsmæssigt at henføre Impulsmomenterne til Tyngdepunktet, idet man undersøger Virkningen paa Tøndebaandet af, at Kræfterne fra første Periode gentages. Denne Undersøgelse skal indskrænkes til det Tilfælde, hvor man kan sætte $I = mr^2$. Begyndelsestilstanden i anden Periode er en Rotation om en vandret Axe gennem C med Vinkelhastighed ω_1 og en Translation $r\omega_1$; den sidste har Retning $CF \perp CA$. Afsættes $CE = v = r\omega$ vandret og projiceres CE i CD, finder man Translationen $r\omega_1$ ved at afsætte $DF = CE$ i Forlængelse af CD og halvere CF ved Punktet G; man vil da have $CG = \omega_1 r$; $\angle GCE = \beta$.

Før Stødet var Tyngdepunktets Bevægelsesmængde lig $m \cdot \overline{CE}$, efter første Periode er den $m \cdot \overline{CG}$; følgelig er der i første Periode tilført Tyngdepunktet Bevægelsesmængden $m \cdot \overline{EG}$. Da Kræfterne og deres Tidsforløb antages at gentage sig i anden Periode, bliver der i denne tilført Tyngdepunktet paany en Bevægelsesmængde lig $m \cdot \overline{EG}$. Idet $HK = EG$ afsættes i Forlængelse af EG, bliver

Digitized by Google

$m \cdot \overline{EK}$ den hele under Stødet tilførte Bevægelsesmængde; heraf følger, at Baandet efter Stødet faar Translationen CK; dennes Størrelse og Retning findes, idet man nedfælder den vinkelrette KH paa CF; man har $KH = DE = \omega r \sin \beta$ og $CH = \omega r$. Man faar da, idet $\angle\, HCK = x$,

$$CK = r\omega\sqrt{1 + \sin^2\beta} \text{ og } \sin x = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 + \sin^2\beta}}.$$

Retningen af Stødet i A er givet ved Retningen EK.

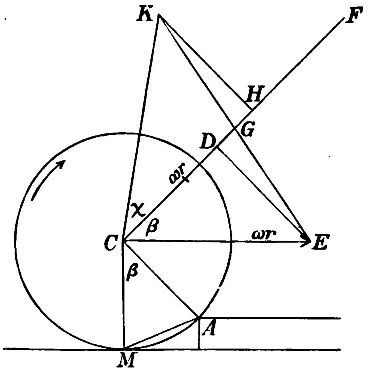


Fig. 3.

For at finde Vinkelhastigheden ω_2 efter Stødet bestemmes Impulsmomentet D_C m. H. t. Tyngdepunktet. Før Stødet var dette Moments Værdi lig $m\omega^2 r$. Nu er der tilkommen Momentet af Bevægelsesmængden $m \cdot \overline{EK}$. Da Stødkræfterne har A til Angrebspunkt, maa $m \cdot EK$ anbringes i A; opløses den i en Komposant efter Radius til A og en efter Tangenten i A, vil den første være uden Indflydelse paa Impulsmomentet; Komposanten efter Tangenten vil af Figuren ses at være lig $m \cdot \overline{DH}$; da $CH = \omega r$ og $CD = \omega r \cos \beta$, bliver $m \cdot \overline{DH} = m\omega r\,(1 - \cos \beta)$. Det under hele Stødet tilkomne Impulsmoment bliver herefter lig

$$- m\omega r^2 (1 - \cos \beta);$$

følgelig bliver Momentet efter Stødets anden Periode m. H. t. Tyngdepunktet $D_C = m\omega r^2 \cos \beta$. Men dette Impulsmoment kan

Digitized by Google

ogsaa udtrykkes ved $I\omega_2 = mr^2\omega_2$. Til Bestemmelse af ω_2 har man altsaa

$$m\omega r^2 \cos\beta = mr^2\omega_2, \text{ hvoraf } \omega_2 = \omega\cos\beta.$$

Bevægelsen er altsaa givet ved, at Baandet roterer med Vinkelhastigheden $\omega\cos\beta$ og har en Translation $CK = r\omega\sqrt{1 + \sin^2\beta}$, som danner Vinklen $x + \beta$ med den oprindelige Bevægelsesretning; man har

$$\sin(x + \beta) = \frac{2\sin\beta\cos^2\frac{\beta}{2}}{\sqrt{1 + \sin^2\beta}}, \quad \cos(x + \beta) = \frac{\cos\beta - \sin^2\beta}{\sqrt{1 + \sin^2\beta}}$$

Beregner man den kinetiske Energi før og efter Stødet, vil man, som ellers ved det elastiske Stød, finde den uforandret.

Baandet vil efter Stødet springe lodret ivejret, hvis $x + \beta = \frac{\pi}{2}$, hvad der giver $\cos\beta = \sin^2\beta$; β bliver omtrent 52°.

$\beta = \frac{\pi}{2}$ svarer til, at Baandet støder mod en lodret Mur; man faar da $\omega_2 = 0$, $CK = \omega r\sqrt{2}$, $\sin x = \frac{1}{\sqrt{2}}$. Baandet springer tilbage uden Rotation under en Vinkel paa 45° med den vandrette Linie.

Hvis Baandet er fuldkommen uelastisk, vil Bevægelsen efter Stødet være givet ~~ved Ligning (2)~~ som en Rotation uden Translation om en vandret Axe gennem A med Vinkelhastigheden $\omega_1 = \omega\cos^2\frac{\beta}{2}$. Hvis man i det Tilfælde vælger $\beta = \pi$, betyder det, at man griber det trillende Baand i dets øverste Punkt. Da ω_1 bliver Nul, standses herved al Bevægelse; det samme vil være Tilfældet, ogsaa hvis Baandet er elastisk, saafremt man fastholder Punktet efter at have standset det; da der nemlig ved anden Periodes Begyndelse ingen Rotation er, og da Resultanten af de elastiske Kræfter gaar gennem det fastholdte Punkt, kan der ingen ny Rotation om dette opstaa; Haanden mærker kun et Tryk. Gribes ethvert andet Punkt, vil der desuden mærkes Virkningen af en begyndende Rotation, som maa standses ved to Modtryk fra den gribende Haand.

Digitized by Google

Fysik i Skolen.

Om Kemiundervisningen i Gymnasiet.

Af L. Christiansen.

Kemien blev som bekendt indført som nyt Fag i vore højere Skoler ved Skoleloven af 1903, og i sit fulde Omfang har Kemiundervisningen kun bestaaet fra 1910, da der første Gang blev afholdt Studentereksamen i dens nuværende Form.

Da Skolerne i 1907 skulde begynde med Kemiundervisningen i Gymnasiet, maa det vistnok siges, at de i Almindelighed ikke var videre godt forberedte til denne Undervisning. For det første var Forholdene de fleste Steder mangelfulde med Hensyn til Lokaler og Forsøgsapparater. Ved de fleste Skoler fandtes der slet ikke Lokaler, der var egnede til Kemiundervisning, i hvert Fald ikke til Laboratorier, hvor der kunde drives Elevøvelser. Den beskedne Sum, der blev bevilget Statsskolerne til Anskaffelse af Apparater og Kemikalier, var kun en Nødhjælp, og ved Privatskolerne var Forholdene endnu mere beskedne. I Aarenes Løb er Forholdene i denne Henseende blevet betydelig forbedrede, idet der ved de fleste Skoler er bleven indrettet om ikke fuldkomne saa dog brugelige Elevlaboratorier og Undervisningslokaler, ligesom de aarlige Bevillinger efterhaanden har gjort det muligt at anskaffe det nødvendige Materiel til Undervisningen.

En større Mangel var det imidlertid, at vi Lærere paa forholdsvis faa Undtagelser nær næppe kunde siges at være vel forberedte til at gennemføre en god Kemiundervisning i Gymnasiet. Vi kendte ikke Faget fra vor egen Skoletid og havde derfor ingen Tradition at bygge paa. Og den Uddannelse, vi fik ved Forberedelsen til Skoleembedseksamen, var ikke i særlig Grad lagt an paa at uddanne os til Lærere i Kemi. De fleste Lærere har da maattet prøve sig frem og ved deres egne Erfaringer i Undervisningen skaffe sig Overblik og Fasthed med Hensyn til Kemiundervisningens Maal og Midler i Skolen. Og der er vistnok endnu ikke saa lidt Usikkerhed og Uensartethed i Skolens Kemiundervisning.

Et Forhold, som ogsaa i høj Grad kommer i Betragtning, er det, at Kemien som Videnskab har været i saa stærk Udvikling i de sidste 20—30 Aar. Ikke alene er meget nyt Stof bleven draget

Digitized by Google

ind i Forskningen, men de moderne sammenfattende fysisk-kemiske Teorier har bevirket, at selv den elementære Kemi i vore Dage fremtræder i en hel anden Form end for 25 Aar siden, da den elementære Kemi lærtes som et beskrivende Fag uden større lovmæssig Sammenhæng imellem de enkelte Fænomener. Denne Udvikling af den moderne Kemi har der ogsaa maattet tages Hensyn til i Skolens Undervisning, saa meget mere som det vel maa siges, at den i høj Grad har forøget Værdien af Kemien som Skolefag.

I hvilket Omfang man i Skolens elementære Undervisning bør gaa ind paa den mere teoretiske Side af Kemien, er det imidlertid ikke saa helt let at afgøre og endnu mindre, hvorledes Stoffet bør lægges til Rette i Undervisningen gennem Gymnasiets 3 Klasser for at faa det bedste Udbytte deraf.

De ældre Lærebøger i Kemi begyndte som Regel med en længere Indledning, der omhandlede »Kemiens almindelige Love« belyste ved Henvisninger til de Fænomener, som var Grundlaget for dem. Derefter fulgte saa den specielle Kemi, som optog Hovedparten af Fremstillingen, og som beskrev de enkelte Stoffer og Omsætninger uden at have nogen videre Forbindelse med Indledningen. Det er klart, at en saadan Lærebygning ikke egner sig til Skolens Undervisning. Der er andre Lærebøger, hvor »den fysiske Kemi« er samlet i et Tillæg bag i Bogen beregnet paa at læses, naar man er kommen igennem en systematisk Fremstilling af Kemien, som væsentlig falder sammen med de ældre Lærebøgers Synspunkter. Heller ikke denne Ordning synes mig at opfylde de pædagogiske Krav, der bør stilles til Skolens Kemiundervisning.

Det bedste Udbytte af Kemiundervisningen, mener jeg, faas, naar de teoretiske Sætninger og Love indføres paa Grundlag af Forsøg i Sammenhæng med og indflettet i den specielle Kemi, saa at Lærebygningen kommer til at udgøre et sammenhængende Hele.

Jeg er ikke blind for, at Undervisningen efter en saadan Plan ogsaa har sine Vanskeligheder. Gymnasiets Elever er til at begynde med unge og umodne og vil navnlig i I Gymnasieklasse have svært ved at tilegne sig mere omfattende teoretiske Betragtninger. Desuden savner de maaske de nødvendige Forudsætninger i Retning af Kendskab til de rent fysiske Love, som de faar i Fysiktimerne. Her vil det være gavnligt, om Fysik- og Kemiundervisningen arbejder Haand i Haand, saaledes at man i Fysiktimerne

Digitized by Google

har gennemgaaet de fysiske Love og Sætninger, naar man skal anvende dem paa Kemiens Omraade. F. Eks. maa man, før man i Kemien gaar ind paa Jonteorien, helst i Fysiken have gennemgaaet Elektrolysen.

En Lærebog, som jeg mener kan tjene til Mønster for Skolens Kemiundervisning, er Professor N. Bjerrums Lærebog i uorganisk Kemi. Denne Bog er ganske vist ikke skreven med Gymnasiets Undervisning for Øje, og den kan ikke uden videre bruges ved Skolens Undervisning, men dens System og Metode mener jeg også bør anvendes i Skolen. Jeg har i de senere Aar i min Undervisning fulgt Gangen i Prof. Bjerrums Bog, og mine Erfaringer gaar ud paa, at Eleverne paa denne Maade baade har faaet større Udbytte af Undervisningen og har arbejdet med større Interesse.

Ved at drage den fysiske og teoretiske Kemi mere i Forgrunden og lægge større Vægt paa at betragte de specielle Fænomener som Eksempler og Anvendelser af de almindelige Love har jeg ganske vist maattet slaa noget af paa Omfanget af det specielle Stof; men jeg mener ogsaa, at dette i Skolen er forsvarligt, idet det ikke saa meget kommer an paa, at Eleverne er i Besiddelse af en større eller mindre Mængde Detailkundskaber, som at de faar et Helhedsbillede af Naturlovene.

I I. Gymnasieklasse begynder jeg ikke Kemiundervisningen, før Eleverne har de nødvendige fysiske Forudsætninger. Den første halvanden Maaned af Skoleaaret bruger jeg derfor udelukkende til Fysik til Gennemgang af en Del af Varmelæren, og hvad der staar i Sammenhæng dermed, idet jeg med Elevforsøg som Grundlag gennemgaar Maaling af Varmemængder, de forskellige Tilstandsformer, Opløsningers Forhold (Frysepunkt og Kogepunkt, mættede og umættede Opløsninger o. s. v.), Mariottes og Gay Lussacs Love og Regning med Luftrumfang. Først naar Eleverne har dette fysiske Grundlag, begynder jeg paa den egentlige Kemi efter en kort Repetition af Dele af Mellemskolens Pensum, som Eleverne desværre ikke altid er lige godt hjemme i, navnlig ikke, hvis man, hvad der jo ofte er Tilfældet, har faaet en Del nye Elever uden de fornødne Forudsætninger ind i I. Gymnasieklasse. Som Grundlag for Forstaaelse af de støkiometriske Love gennemgaas dernæst, saavidt muligt som Elevøvelser, en Del kvantitative Forsøg: Indholdet af Kuldioxyd i Marmor, idet Kulsyren uddrives af Saltsyre, Vægttabet

Digitized by Google

ved Ophedning af Kobbersulfat eller Krystalsoda, Sammensætningen af Kobberoxyd ved Reduktion med Brint, Vandets Sammensætning bestemt ved Hjælp af Eudiometerrør. Igennem de fysiske Øvelser er Eleverne bleven saa godt indøvede i Vejning, at de Resultater, de faar ved disse Forsøg, er gode.

Derefter gennemgaar jeg Atomteorien, det kemiske Tegnsprog og den kemiske Ligning. I Tilslutning hertil bestemmes ved Elevøvelser Æquivalenstallet for nogle Metaller (Magnium, Zink, Aluminium) ved at behandle dem med forskellige Syrer og maale Brintrumfanget. Endvidere foretages nogle Øvelser i Bestemmelse af Syre- og Baseopløsningers Koncentration ved Titrering, hvorved Eleverne samtidig bliver fortrolige med de forskellige Maader at angive Koncentrationen paa (n-normal, n-molær, n-Procent).

Under den nu paafølgende systematiske Gennemgang af de vigtigste Metalloider indfletter jeg de teoretiske Betragtninger, naar de specielle Eksempler giver Anledning dertil. Under Omtalen af Vanddannelsen kommer jeg f. Eks. ind paa Begreberne reversible Processer og kemisk Ligevægt. Vanddamps Dissociation ved høj Temperatur vises ved følgende Forsøg: En Kogeflaske med lidt Vand i forsynes med en Prop, hvorigennem der gaar 2 tykke Kobbertraade og et Afledningsrør; Kobbertraadene, som rager et Stykke ned i Flasken, forbindes dér med en tynd spiralformet Platintraad, ca. 10 cm lang. Fra Byledningen sendes en Strøm (ca. 4 Amp.) gennem Platintraaden, og Vandet bringes i Kog; Strømmen reguleres, saa at Platintraaden bliver hvidglødende, og gennem Afledningsrøret opsamles den dannede Knaldluft i et Reagensglas over Vand og prøves. — Ogsaa le Chateliers Sætning og dens Anvendelser omtaler jeg i I. G.

I Begyndelsen af II. G. gennemgaar jeg, hvad der kræves læst af organisk Kemi, som jeg indskrænker til det mindst mulige. Til en systematisk Gennemgang af den organiske Kemi bliver der ikke Tid; man maa nøjes med at gennemgaa det, der er nødvendigt for Undervisningen i Fysiologi. I Sammenhæng med Kulstofforbindelserne tager jeg lidt Termokemi og indøver Opskrivningen af termokemiske Ligninger.

Før jeg begynder paa en systematisk Gennemgang af Metallerne, og efter at Eleverne i Fysiktimerne har læst Elektrolysen, gennemgaar jeg det vigtigste af de teoretiske Spørgsmaal, Jonteorien.

Digitized by Google

Som Indledning omtales de osmotiske Love. Det er vel nok vanskeligt gennem Forsøg med Skolens Apparater at faa det talmæssige Udtryk for Lovene om den molekylære Frysepunktssænkning og Kogepunktsstigning, men det kan i det mindste vises, at Frysepunktssænkningen for en 1-molær Opløsning af en Elektrolyt f. Eks. Kogsalt er paafaldende større end for en tilsvarende Sukkeropløsning. Et lille Forsøg, som ogsaa angaar disse Forhold, er følgende: En Rørsukkeropløsning bringes i Kog, og Temperaturen iagttages; der tilsættes en Smule Saltsyre, som bevirker, at Kogepunktsstigningen hurtigt paa Grund af Hydrolysen bliver omtrent dobbelt saa stor som før.

Efter at selve Teorien er udviklet, foretages en Række Øvelser til Belysning af dens Rækkevidde og Anvendelse paa en Række Fænomener, som enten er Eleverne bekendte i Forvejen eller i hvert Fald hører til det Stof, der tidligere er gennemgaaet. Disse Forsøg omhandler: stærke og svage Syrer og Baser, Neutralisation, Formindskelse af Brint- og Hydroxyljonkoncentration, Opløselighedsprodukt, Fældninger. De interesserer Eleverne stærkt, fordi de gennem Teorien faar en lovmæssig Forklaring paa en Række Kendsgerninger, der ellers er uforklarlige. Angaaende den nærmere Udførelse af Forsøgene henvises dels til Bjerrums Bog, dels til en Vejledning i Øvelser, der er skrevet i Tilknytning til den (Faurholt: Vejledning i uorganisk Analyse).

Jeg vil her indskyde den almindelige Bemærkning, at jeg for de kemiske Elevøvelsers Vedkommende anser det for nødvendigt, at Eleverne har en ret detailleret skriftlig Vejledning til Forsøgets Udførelse; den maa f. Eks. indeholde nøjagtige Anvisninger om de Stofmængder, der skal anvendes ved Forsøget; Eleven maa jo ikke gerne tage en halv Snes cm^3 af et Reagens, hvis der kun skal anvendes én Draabe. Ligeledes er en saadan Vejledning ofte paakrævet for Forsigtighedshensyn; hvis man f. Eks. overhovedet tillader, at Eleverne paa egen Haand anvender konc. Svovlsyre, maa det nøje indprentes, hvorledes den skal anvendes i hvert enkelt Tilfælde.

Under Gennemgangen af Metallerne kan man nu skrive Omsætningerne som Jonligninger og i det hele bruge Jonteoriens Udtryksmaader, som det efterhaanden falder Eleverne naturligt at anvende. Under Omtalen af Metallernes Spændingsrække gennemgaas ogsaa de galvaniske Elementers Teori.

Digitized by Google

Forsøg herover gøres med smaa Elementer lavet af Urør og Metaltraade (se herom Prof. Bjerrums Artikel i Fysisk Tidsskrift 11. Aarg. S. 182). Hvis man har et Spejlgalvanometer, som man kan forsyne med passende Forlagsmodstand, saa det kan bruges som Voltmeter, bør man ogsaa demonstrere det smukke og i teoretisk Henseende lærerige Forsøg, hvor man i et Element med to Sølvelektroder, som oprindelig staar i Sølvnitrat af samme Koncentration, frembringer og forøger den elektromotoriske Kraft ved en Række Fældninger og derpaa følgende Opløsning af Bundfaldet i den ene Gren af Urøret.

De af nogle Lærere anbefalede Øvelser i kvalitativ Analyse mener jeg ikke der i Skolen bør ofres ret megen Tid paa. Nogle faa lette Analyser kan det være nyttigt at udføre for at fæstne de forskellige Reaktioner i Hukommelsen og for at give et Indblik i Kemiens Arbejdsmetoder. Men at bibringe Eleverne større Færdighed paa dette Omraade synes jeg ligger uden for Skolens Opgave, og den Tid, der vilde medgaa hertil, kan gøres mere frugtbringende paa anden Maade. Noget andet er, at mange Elever ofte ytrer Ønske om at arbejde i Laboratoriet uden for Skoletiden, og i saadanne frivillige Timer kan det være baade nyttigt og fornøjeligt at udføre Analyser. Derimod kan det være nyttigt at lade Eleverne selv renfremstille enkelte af de Stoffer, som de skal bruge ved Øvelserne; f. Eks. bør de, naar de skal udføre Reaktionerne for Jernforbindelser, selv renfremstille Ferrosulfat af Jernsøm.

Et Spørgsmaal er, hvilken Rolle skriftlige Arbejder bør spille i Kemiundervisningen. Her mener jeg, at det for det første bør forlanges, at Eleverne giver en ordentlig renskreven Beretning om de Forsøg, de selv udfører; ikke alene de større kvantitative Forsøg, men ogsaa, hvad de har udført af smaa kvalitative Forsøg, bør de indskrive tillige med mulige Reaktionsligninger. Endvidere bør der gives smaa støkiometriske Beregningsopgaver for som Hjemmearbejde. Endelig kan der være Tale om at udarbejde oversigtsmæssige Sammenstillinger af Grupper af Stoffer, hvortil Skemaet kan meddeles til Udfyldning.

Anordningen angaaende Studentereksamen i Kemi bestemmer for Tiden, at der skal prøves i et Afsnit, som vælges af Læreren, og som skal udgøre ca. Halvdelen af det i Gymnasiet læste Pensum. Denne Bestemmelse giver et ret vidt Spillerum, og Fordringerne

Digitized by Google

er vistnok ogsaa meget forskellige ved de forskellige Skoler. Hvis Undervisningen er dreven eksperimentelt, som den bør være, og Eleverne ikke har været bebyrdet med et alt for stort Hukommelsesarbejde, vil der egentlig ikke være Grund til at udskyde noget af Stoffet som Eksamenspensum, da Repetitionsarbejdet i saa Fald ikke vil være særlig stort. I hvert Fald burde Eksamenspensumet ligesom i andre Fag være ens for alle Skoler og fastsættes af Undervisningsinspektøren. I saa Tilfælde kunde der være Tale om at ombytte den mundtlige Eksamen med en skriftlig Besvarelse af en Række Spørgsmaal. En saadan skriftlig Prøve har i det sidste Par Aar efter særlig Tilladelse været afholdt af en Række Skoler (i 1920 7 med ca. 50 Elever), som opgav det samme Pensum. Opgaverne til denne Prøve er tilvejebragt paa den Maade, at et Udvalg af de paagældende Lærere har foreslaaet 6 Grupper af Spørgsmaal med 3 i hver Gruppe, og af disse har saa Undervisningsinspektionen udvalgt 6 Spørgsmaal, et af hver Gruppe.

Da det muligvis kan interessere andre Lærere at se, hvorledes denne skriftlige Prøve er faldet ud, skal her aftrykkes et Par typiske Elevbesvarelser fra Eksamen sidste Sommer.

Opgaverne lød:

I. 1) Hvilke Sulfater er uopløselige?
   2) Hvilken Virkning har stærke Syrer paa uopløselige Sulfater?
   3) Hvilke Fosfater er uopløselige?
   4) Hvilken Virkning har stærke Syrer paa uopløselige Fosfater?

II. Skriv Omsætningerne:
   1) Ophedning af Kaliumnitrat.
   2) Kalkbrænding.
   3) Ophedning af Zinkhydroxyd.
   4) Magnium + en stærk Syre i vandig Opløsning (kun Jonomsætning).

III. Skriv Omsætningerne og forklar, hvorledes man renfremstiller Magniumklorid af Magniumnitrat.

IV. En Opløsning gøres sur med Salpetersyre og giver derefter Bundfald med Bariumklorid. Hvilken Syrerest og hvilke 2 Metaljoner kan Opløsningen indeholde? Kan den indeholde baade Syreresten og begge Metajoner samtidig?

V. Skriv Omsætningen Bly + Salpetersyre og beregn, hvor mange

Digitized by Google

Liter Kvælstofoxyd (0° og 760 mm), der udvikles, naar man anvender 10,35 g Bl (Pb = 207).

VI. Hvad er Frysepunktet (1 Decimal) for en Opløsning, der indeholder 5,55 g Calciumklorid i 100 cm³ Vand, naar Dissociationsgraden er 0,9? (Ca = 40, Cl = 35,5).

1. Besvarelse.

ad I:

1) Teoretisk er intet Salt uopløseligt; i en Opløsning vil der altid være nogle Syrerestjoner og nogle Baserestjoner. Jonkoncentrationernes Produkt har en vis Størrelse i enhver Opløsning, og en bestemt Værdi af dette kaldes Opløselighedsproduktet. Naar det overskrides, udfældes det udissocierede Salt. For visse Saltes Vedkommende vil dette Opløselighedsprodukt være naaet i saa at sige enhver Opløsning af Saltet, saa de praktisk talt er uopløselige. Af Sulfaterne er Bariumsulfat $BaSO_4$ og Blysulfat $PbSO_4$ uopløselige. Deres Opløselighedsprodukt er altsaa meget ringe.

2) Ingen. Vi kan tænke os en Opløsning med Jonerne Ba^{++}, SO_4^{--}, H^+ og Cl^-. HCl, H_2SO_4 og $BaCl_2$ har et stort Opløselighedsprodukt, $BaSO_4$ et meget ringe; det vil da udfældes, medens H^+ og Cl^- bliver i Opløsningen. Men et saadant System har vi netop, naar vi sætter Saltsyre til Bariumsulfat; d. v. s. det har ingen Virkning paa $BaSO_4$, at der tilsættes HCl. Forholdet er det samme, hvis der sættes andre Syrer til eller bruges $PbSO_4$. Overalt har BaS (S er Syrerest af en stærk Syre) og PbS det mindste Opløselighedsprodukt.

3) Zinkfosfat $Zn_3 (PO_4)_2$, Ferrifosfat $FePO_4$, Aluminiumfosfat $AlPO_4$, Blyfosfat $Pb_3 (PO_4)_2$, Magniumfosfat $Mg_3 (PO_4)_2$.

4) Stærke Syrer opløser de uopløselige Fosfater; de opløser i det hele taget de svage Syrers uopløselige Salte. Fosforsyre er en svag Syre, den er kun lidt dissocieret i Joner. Naar man sætter en stærk Syre H^+ S^- til et uopløseligt Fosfat MPO_4 (M angiver et Metal) vil man faa en Opløsning med mange H^+ og S^- og nogle faa M^{+++} og PO_4^{---}. Opløselighedsproduktet for H^+ og PO_4^{---} vil overskrides, fordi der er mange H^+, og der vil dannes udissocieret Fosforsyre H_3PO_4. Men naar PO_4^{---} forsvinder, vil der ifølge le Chateliers Sætning dannes flere, d. v. s. der spaltes mere

Digitized by Google

MPO_4. Saaledes gaar det, indtil der ikke er mere af det uopløselige Fosfat.

ad II:

1) $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$. Kaliumnitrat er et Iltningsmiddel.

2) $CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2$; naar Luftarten Kuldioxyd faar Lov til at forsvinde, kan der ikke komme Ligevægt i Systemet, saa Processen vil gaa til højre, indtil der ikke er mere Kalciumkarbonat.

3) $Zn(OH)_2 = ZnO + H_2O$.

4) $Mg + 2H^+ = Mg^{++} + H_2$. Saaledes gaar det med de Metaller, der staar før Brint i Spændingsrækken; denne angiver jo, hvor stor Tilbøjelighed Metallerne har til at blive til Joner i Forhold til hinanden.

ad III:

$$Mg(NO_3)_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaNO_3$$
$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O + CO_2$$

Man fælder Magniumnitrat med Soda. Magniumkarbonat har et ringe Opløselighedsprodukt og vil derfor udfældes. Det filtreres fra og udvaskes. Derpaa opløses det i Saltsyre, hvorved der dannes Magniumklorid og Kulsyre, som spaltes til Vand og Kuldioxyd, der gaar bort, saa Processen løber helt til Ende. Man inddamper, til Vædsken er omtrent borte, og lader derpaa $MgCl_2$ udkrystallisere ved at afkøle Glasset under Vandhanen. Man kan saa atter opløse det og lade det udkrystallisere nogle Gange, til man faar det rene Salt.

ad IV:

Opløsningen kan indeholde SO_4^{--}, Ag^+ og Pb^{++}. $SO_4^{--} + Ba^{++} = BaSO_4$; $Ag^+ + Cl^- = AgCl$; $Pb^{++} + 2Cl^- = PbCl_2$; disse Salte opløses ikke i Salpetersyre. SO_4^{--} og Ag^+ kan findes sammen i Opløsningen; ligeledes Pb^{++} og Ag^+, SO_4^{--} og Pb^{++} kan ikke findes sammen, fordi $PbSO_4$ har et meget ringe Opløselighedsprodukt, saa der med ganske smaa Mængder vilde udfældes $PbSO_4$ (se Opg. I 1).

ad V:

Naar Salpetersyre paavirker Bly, tænker man sig, at der først dannes PbO og NO. PbO paavirkes saa videre af Salpetersyren, saa der dannes Blynitrat.

Digitized by Google

For at faa at vide, hvor mange Atomer Bly der kan iltes af 1 Molekyle Salpetersyre, maa man se paa Anhydridet:

$$N_2O_5 \longrightarrow NO\ (N_2O_2),$$

d. v. s. 2 Molekyler Salpetersyre afgiver 6 Æquivalenter Ilt, som kan ilte 3 Atomer Bly.

$$3Pb + 2HNO_3 = 3PbO + 2NO + H_2O \qquad (1)$$

$$3PbO + 6HNO_3 = 3Pb\ (NO_3)_2 + 3H_2O \qquad (2)$$

$$(1) + (2) \qquad 3Pb + 8HNO_3 = 3Pb\ (NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.$$

Naar 3 · 207 g Bly iltes, dannes der 2 · 22,4 l NO. Naar 10,35 g Bly iltes, dannes der x l NO.

$$x = \frac{2 \cdot 22{,}4 \cdot 10{,}35}{3 \cdot 207} = \frac{2{,}24}{3} = 0{,}747 \text{ l NO}.$$

ad VI:

$CaCl_2$'s Molekyltal er 111.

$$CaCl_2 \rightleftarrows Ca^{++} + Cl^- + Cl^-$$
$$1 - \alpha \qquad \alpha \qquad \alpha \qquad \alpha$$

Ialt er der $1 + 2\alpha$ Dele, der virker som Molekyler.

$$1 + 2\alpha = 1 + 2 \cdot 0{,}9 = 2{,}8.$$

Frysepunktssænkningen for et Grammolekyle i 1 l er 1,85°, naar der ingen Dissociation er. For 55,5 g $CaCl_2$ i 1 l er den

$$\frac{1{,}85 \cdot 55{,}5}{111} = 0{,}925.$$

1 Molekyle virker som 2,8 Molekyler.

Frysepunktet $= \div\ 0{,}925 \cdot 2{,}8 = \div\ 2{,}6$.

2. Besvarelse.

ad I:

1) $BaSO_4$ og $PbSO_4$ er uopløselige.

2) De stærke Syrer har ingen Virkning paa de uopløselige Sulfater.

3) Alle normale Fosfater er uopløselige undt. K_3PO_4, Na_3PO_4 og $(NH_4)_3PO_4$.

4) De stærke Syrer opløser de uopløselige Fosfater, idet der dannes Syrens Salt og Fosforsyre, som er opløselig:

$$Ca_3\ (PO_4)_2 + 6HCl = 3CaCl_2 + 2H_3PO_4.$$

Digitized by Google

Opløsningen sker, fordi Fosforsyren er mindre dissociabel end dens uopløselige Salte.

ad II:

1) $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$; 2) $CaCO_3 = CaO + CO_2$;

3) $Zn (OH)_2 = ZnO + Co_2$; 4) $Mg + 2H^+ = H_2 + Mg^{++}$.

ad III:

Sættes Soda Na_2CO_3 til $Mg (NO_3)_2$ i Overskud, bundfældes alt Magnium som $MgCO_3$:

$$Mg (NO_3)_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaNO_3.$$

Det uopløselige $MgCO_3$ filtreres fra, udvaskes omhyggeligt for at befri det for Na^+ og NO_3^-.

Der tilsættes Saltsyre HCl i Overskud; $MgCO_3$ opløses da under Udvikling af CO_2:

$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O.$$

Man har nu en Blanding af $MgCl_2$, HCl og H_2O. Saltsyren og Vandet bortgaar ved Kogning, og tilbage har man det rene $MgCl_2$.

ad IV:

Opløsningen kan indeholde SO_4^{--}, Pb^{++} og Ag^+, idet der da kan dannes de uopløselige Forbindelser $BaSO_4$, $PbCl_2$ og AgCl.

Nej; Opløsningen kan indeholde SO_4^{--} og Ag^+ sammen, men SO_4^{--} og Pb^{++} danner det uopløselige $PbSO_4$.

ad V:

Man maa tænke sig, at Blyet først iltes til PbO under Udvikling af Kvælstofoxyder f. Eks. NO, og derpaa at PbO med Salpetersyren danner Blynitrat og Vand:

$$3Pb + 2HNO_3 = 3PbO + 2NO + H_2O$$
$$3PbO + 6HNO_3 = 3Pb (NO_3)_2 + 3H_2O$$
$$\overline{3Pb + 8HNO_3 = 3Pb (NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.}$$

Af denne Ligning ses, at 3Pb eller 621 g Pb udvikler 2 Normalrumfang NO eller 44,8 l NO. 10,35 g Pb udvikler da $\frac{44{,}8 \cdot 10{,}35}{621}$ l $= 0{,}75$ l NO.

ad VI:

Der benyttes Formlen $\alpha = \frac{t_1 - t}{t(n-1)}$, hvor α er Dissociationsgraden, t_1 den søgte Frysepunktssænkning, t den beregnede og n

Digitized by Google

det Antal Smaadele, i hvilke $CaCl_2$ er dissocieret. α er givet $= 0,9$; t findes saaledes:

$$CaCl_2 = 40 + 71 = 111.$$

5,55 g $CaCl_2$ i 100 cm³ giver samme Frysepunkssænkning som 5,55 g i 1 l.

$$t = 1,85 \cdot \frac{55,5}{111} = 1,85 \cdot 0,5. \quad CaCl_2 = Ca^{++} + 2Cl^{-}.$$

Hvert Molekyle er spaltet i 3 Smaadele $n = 3$

$$0,9 = \frac{t_1 - 1,85 \cdot 0,5}{1,85 \cdot 0,5(3-1)};\ t_1 = 2,6.$$

Disse Besvarelser er typiske Eksempler paa dem, der i det hele maa kaldes tilfredsstillende, og de fleste af samtlige Besvarelser hører herhen. Den første er Repræsentant for en Gruppe, der motiverer deres Svar meget fyldigt og maaske nogle Steder tager mere med, end der strengt taget spørges om; men Bemærkningerne, som begrunder eller ledsager det egentlige Svar, er i saa nær Sammenhæng med Spørgsmaalet, at den større Udførlighed dog nærmest er en Fordel. Den anden Besvarelse er Repræsentant for en talrigere Gruppe, der er noget mere kortfattet i Begyndelsen, men som dog de fleste Steder giver en tilfredsstillende Motivering. En mindre Gruppe besvarer Spørgsmaalene ganske kort med et enkelt Ord eller en enkelt Sætning. Dette er efter min Mening ikke tilfredsstillende. En Motivering af Svaret maa vel siges at være et naturligt og selvfølgeligt Forlangende; men for en Sikkerheds Skyld burde det maaske udtrykkeligt have været forlangt i Opgaverne.

Naar den skriftlige Prøve helt skal erstatte den mundtlige, burde maaske et enkelt eller et Par Spørgsmaal være lidt mere omfattende, saaledes at der blev fordret en lidt længere sammenhængende Udvikling. Men under alle Omstændigheder mener jeg, at en skriftlig Besvarelse af en Række Spørgsmaal giver et langt bedre Grundlag for en ensartet og retfærdig Bedømmelse af Elevens Standpunkt end en mundtlig Eksamination i et enkelt Spørgsmaal.

Digitized by Google

Anmeldelser.

V. W. Ekman: Mekanik. Stockholm 1919, P. A. Nordstedt & Sønner. VIII + 544 Sider. Pris heftet 33 Kr.*).

Den Mekanik, som Prof. Ekman ved Lunds Universitet har skrevet, har forøget den skandinaviske videnskabelige Lærebogslitteratur med en fortræffelig Bog, som viser sin Eksistensberettigelse blandt andet ved at have sit særlige Præg. Den tilsigter ikke alene at fremsætte de Metoder, man har til at løse mekaniske Opgaver, men vil ogsaa give et Overblik over den historiske Udvikling, som har ført til disse Metoder. Forf. støtter sig herved til Mach's bekendte: »Die Mechanik in ihrer Entwickelung«, men ved at sammenarbejde det systematiske med det historiske har Bogen faaet sit Præg.

I Kapitel I: »En Partikels Kinematik« begynder Forf. efter en kort biografisk Skildring af Galilæis Liv med en Fremstilling af dennes for hele Dynamiken banebrydende Undersøgelser over Fald og Kastebevægelsen. Har man dette klaret, følger Bestemmelsen af Hastighed og Akceleration ved en vilkaarlig retliniet Bevægelse som en næsten nødvendig Konsekvens heraf. Inden de samme Størrelser indføres ved den krumliniede Bevægelse indskydes et lille Afsnit om Vektorer; dette udvides senere saaledes at de nødvendige elementære Dele af Vektorteorien fremsættes eftersom der bliver Brug derfor. Som Eksempel tages her straks den kinematiske Side af Centralbevægelsen — indledet med historiske Oplysninger om Kopernikus og Keppler.

I det næste Kapitel: »Partiklens Dynamik« spiller selvfølgelig Newton Hovedrollen. Det indledes med en ret udførlig Biografi af Newton og med Opstilling og Gennemgang af de tre berømte Newtonske Bevægelseslove. Derefter indføres Bevægelsesmængde, Arbejde og levende Kraft alt for en enkelt Partikel. Dog medtages allerede her Tyngdepunktssætningen i almindelig Skikkelse. Som Exempler tages Bevægelse under Luftmodstand, Pendulbevægelse — med Gengivelse af Galilæis oprindelige Betragtning — Bevægelse paa Kugleflade, samt meget udførligt Læren om Svingninger, frie, dæmpede og tvungne og delvis de elliptiske.

*) Ved direkte Henvendelse til Forlaget kan Bogen faas til nedsat Pris, som vil blive meddelt i næste Hæfte.

Digitized by Google

Kap. III handler om faste Legemers Kinematik. Den plane Bevægelse tages mere udførlig, saaledes at ogsaa Akcelerationscentret bestemmes.

I Kap. IV kommer saa Statiken, der helt opbygges paa de virtuelle Arbejders Princip — medens dog Stevin heller ikke er glemt. Selve Principet begrundes paa den i nyere Bøger sædvanlige Maade. I de mange fortræffelige Eksempler er Hensynet til Gnidning og Stabilitet ikke forsømt.

Det næste Kapitel handler om Legemers Dynamik og med Rette stilles her Huygens paa den første Plads. Afsnittet begynder da ogsaa med en Biografi af Huygens og med en Gengivelse af dennes geniale og opfindsomme Bestemmelse af Svingningscentret. Paa dette Sted mener jeg dog ganske vist, at Forf. — selv om han her som gennemgaaende kan støtte sig til Mach — gerne kunde have udøvet en i hvert Fald for Begyndere nyttig Kritik, thi det er ingenlunde umiddelbart indlysende, at den Opløsning og Sammenknytning af Legemets Dele, som Huygens benytter, kan ske uden Kraftudvikling. Af de mange Anvendelser, som findes paa dette Sted, er adskillige af praktisk og teknisk Interesse.

I det næste Kapitel om Stødet er atter Huygens dominerende, idet Afsnittet indledes med dennes beundringsværdige Undersøgelse over Stødet mellem elastiske Legemer bygget paa det samme Relativitetsprincip, som Newton senere lagde til Grund for hele sin Mekanik. Ogsaa paa dette Sted findes en Række Anvendelser.

Det sidste og syvende Kapitel handler om relativ Bevægelse med særlig Hensyn til Bevægelser paa Jordoverfladen.

I den ovenstaaende korte Indholdsangivelse, der har udeladt adskilligt, som godt kunde have fortjent at nævnes, er særlig fremhævet de historiske Synspunkter, som Bogen er saa rig paa. Det er ogsaa nærliggende at gøre det, da dette er karakteristisk for Bogen; men saa meget desto mere maa Anm. ogsaa gøre udtrykkelig opmærksom paa, at Forf. ikke derfor forsømmer den anden Side af Sagen, nemlig at lære Læseren selv at gaa løs paa de mekaniske Problemer. Dette opnaas for det første ved de talrige i Teksten gennemregnede og — hvad man særlig maa anerkende — i Reglen fuldt gennemdiskuterede Eksempler. Det eneste, jeg savner lidt, er flere Eksempler paa de dynamiske Reaktioner, hvoraf jo dog en Del kan bestemmes uden Elasticitetsforudsætninger. For

Digitized by Google

det andet er der til hvert Afsnit føjet et stort Antal af Øvelsesopgaver, der ikke blot er forsynede med Resultater, men hyppigt ogsaa med Vink til Løsningen.

Prof. Ekmans Mekanik er baade righoldig og paalidelig, og særlig til Selvstudium ved jeg ingen bedre at anbefale.

C. Juel.

Max Born: Dynamik der Kristalgitter. 122 Sider, Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1915. Pris heftet 7 Mk. + Tillæg.

Siden Laue's og Bragg's berømte Eksperimenter angaaende Interferens af Røntgenstraaler i Krystaller har det ikke manglet paa teoretiske Arbejder, hvori det blev forsøgt at udnytte Resultaterne af disse Eksperimenter til at opnaa en dybere Forstaaelse af Sammenhængen mellem de forskellige fysiske Egenskaber af en Krystal. Blandt de vigtigste Forskere paa dette Omraade indtager Professor Max Born en fremtrædende Plads, idet han i Løbet af de sidste Aar har offentliggjort en lang Række af overordentlig vigtige og interessante Afhandlinger, som har bragt os mange Skridt frem paa Vejen til Forstaaelse af Krystallernes Væsen. Foreliggende Bog, som allerede blev udgivet for 5 Aar siden, er tænkt som et nødvendigt formelt Forstudium til enhver Krystalteori, som gaar ud fra, at Atomerne er anordnet paa regelmæssig Maade i saakaldte »Atomgitre« og befinder sig der i mekanisk Ligevægt med Hensyn til de Kræfter, som de udøver paa hinanden. Der findes nemlig en Række af Egenskaber hos Krystallerne, som kan diskuteres udfra denne Antagelse, uden at det er nødvendigt at antage noget nærmere om Naturen af de Kræfter, som holder Atomerne sammen eller om Atomernes indre Form og Struktur. Til disse Egenskaber — Born skelner mellem 6 Klasser — hører for Eksempel Elasticiteten, Dielektriciteten, den specifike Varme og Krystaloptikken, og for enhver af dem er det Born muligt at gøre Rede paa en mere eller mindre formel, men derfor ogsaa meget almindelig Maade. Blandt de mangfoldige Resultater vil jeg her kun nævne Beviset for, at det er nødvendigt at antage, at i de fleste Krystaller er Atomgitteret sammensat af to eller flere »enkelte« Punktgitre, som er skudt ind i hinanden. I alle Afhandlinger

Digitized by Google

om Krystalstruktur (Cauchy, Bravais) blev Muligheden af saadanne »sammensatte« Punktgitre aldrig berørt, men som Følge deraf lykkedes det heller aldrig fuldtud at gøre Rede for de righoldige elastiske Egenskaber hos mange Krystaller. Tanken at betragte sammensatte Punktgitre hidrører fra Lord Kelvin og er bleven fuldstændig bekræftet ved Braggs og andres Maalinger.

Der er kun yderst faa Sider i Born's Bog, som tiltrods for Videnskabens Fremskridt i de sidste Aar kan siges at være forældet og at have tabt deres Interesse. Dette gælder egentlig kun for det Afsnit, hvori det elektrostatiske Potential af et Gitter bestaaende af positivt og negativt elektrisk ladede Atomer bliver diskuteret, et Problem, som man nu behersker fuldtud gennem Madelung's Regninger. Endvidere maa det bemærkes, at Bogen paa sine Steder er bleven en Smule ulæselig, fordi Born gennemfører Regningerne i fuld Almindelighed, noget som medfører lange og uoverskuelige Formler med Utal af Bogstaver og Indices. Betydningen og Karakteren af disse Formler er ofte simpel nok, og vilde let kunne illustreres ved et Eksempel paa et enkelt Tilfælde, men saadanne Eksempler gives kun yderst sjældent.

Enhver som har Interesse for Resultaterne af de nyere Forskninger i Krystalteorien, som for største Delen findes i de sidste Aargange af »Berichte der deutschen Physikalischen Gesellschaft« og i det nye siden Januar 1920 udkomne »Zeitschrift für Physik«, vil ofte blive nødt til at gribe tilbage til Born's Bog.

H. A. Kramers.

I Anledning af Dr. phil. H. A. Kramers Anmeldelse af min Bog om den anden Hovedsætning.

Efter at have læst Anmeldelsen af min Bog: Beweis dass der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie nur beschränkte Gültigkeit hat, er jeg bleven klar over, at Anm. først har gennemgaaet Beviserne i anden Del af Bogen og har ment at kunne reducere disse fuldstændigt in absurdum. Bogens første Afsnit, der i sine Betragtninger over Kredsprocesser med Dampe og deres Vædsker ikke direkte fører til nogen Modstrid med anden Hovedsætning, kan da efter hans Mening ikke interessere Læseren, da de deri udførte Kredsprocesser anses for at være Beviserne uvedkommende. Og Bogens

Digitized by Google

tredie Afsnit, hvori Konsekvenserne af Beviserne i det andet Afsnit drages, vidner efter Anm.'s Mening om manglende Forstaaelse af Varmeteoriens Grundlag.

Dersom man derimod havde kunnet tænke sig, at Anm. var blevet klar over Bevisernes Rigtighed, vilde uden Tvivl ogsaa Dommen over 1. og 3. Afsnit af Bogen være blevet en anden og gunstigere. Og under denne Forudsætning vilde uden Tvivl den paaklagede Mangel paa dybere Forstaaelse af de klassiske Betragtninger i Termodynamikken og Udtalelsen om »det komisk indviklede« i det andet Bevis — der dog er erstattet med det simplificerede Bevis — og Udtalelsen om »det sørgelige i, at Forf. har manglet den Kritik, der skulde til for at forhindre Bogens Offentliggørelse«, have faaet en anden Redaktion. Ligeledes kunde man maaske ogsaa tænke sig, at den gennem hele Kritikken gaaende uhyre overlegne Tone vilde være blevet noget nedstemt.

Anm. mener nu ganske vist, at have sat Fingeren paa »de elementære logiske Fejltagelser« i Beviserne, hvilket anføres i en Note til Anmeldelsen. Dette er ikke blot ikke lykkedes for Anm.; men det er ret let at se, hvori denne Paavisning af paastaaede Fejl er urigtig. Jeg skal dog indrømme, at Beviserne paa sine Steder kunde være gennemførte mere udførligt forat lette Forstaaelsen, hvad jeg er blevet opmærksom paa ved at gennemgaa dem baade førend Anmeldelsen og efter denne; dog er dette naturligvis en Skønssag.

Kom det kun an paa en saadan Paavisning af Fejl i Beviserne, vilde det være ret let at danne sig en Mening om Værdien af Arbejdet, da det virkelig giver sig ud for at være eksakt, og derfor efter min Mening staar eller falder, dersom der er paaviselige Fejl i Beviserne eller ej.

Men Anm. er nu af den Mening, »at de forskellige Udgangspunkter og Grundtanker for Beviserne er saadanne, at de aldrig nogensinde kunde føre til et Bevis, selv om den anden Hovedsætning var urigtig«, og »at det for at klargøre Bevisernes fuldstændige Uholdbarhed er absolut overflødigt at paavise Fejl i Beviserne selv«.

Dette søger Anm. at vise ved i det andet Bevis at forklare, at Summen af de tre Integraler $\int \frac{dQ}{T}$ er $= 0$, naar som af mig antaget hvert enkelt Integral er $= 0$; medens jeg til Resultat af Bevi-

set faar, at Summen ikke er lig Nul. Dette Resultat fremstilles saa som ligesaa vidunderligt som Regnestykket $2 \times 3 = 3$, til hvis Forklaring man skulde kunne henvise til Pengenes synkende Valuta!

Den ganske simple Forklaring paa at Summen af de tre Integraler ikke behøver at være lig Nul er, som angivet p. 82 o. flg., den, at Lign.: De tre Integralers Sum $= 0$, ikke kan opstilles. Den gælder ikke i det betragtede Tilfælde, hvor det maa antages, at en Art Kohærens gør sig gældende. Hvis man vilde anvende et Billede af samme Art som Anm.'s til Forklaring, kunde man sige, at en Grønthandler meget vel kan sælge én Agurk for sig for 10 Øre, men tre Agurker for 25 Øre — eller 40 Øre — af Hensyn til Pengenes synkende Værdi.

Det kan saaledes ikke hjælpe at henvise til, at naar Mekanikkens Love gælder for de i Kredsprocessen foregaaende fysiske Processer, maa Entropifunktionens Relationer ogsaa gælde, eftersom de vilkaarlige Indgreb i Processerne, hvorved Kohærensen dannes, ikke reguleres af nogen Entropi.

Men naar Anm. ikke er i Stand til at føre et Bevis, eller henvise til et saadant, for sin Viden om, at Udgangspunkterne for mine Beviser aldrig nogensinde kan føre til et Bevis for anden Hovedsætnings Ugyldighed i visse Tilfælde, maa denne Viden betegnes som apriorisk eller som Dogmetro.

Da det er saa heldigt, at det simplificerede Bevis II er trykt for sig som Supplement til Bogen og kun fylder ti Tryksider, skal det være mig en Fornøjelse at vedlægge dette, tilligemed en noget fyldigere Udformning af én af Siderne i dette Supplement, ved Udsendelsen af dette Nummer af Fysisk Tidsskrift, for at dettes Læsere selv kan danne sig en Mening derom. Dette Bevis anser jeg selv for det mest værdifulde i Arbejdet.

E. Trepka Bloch.

Svar paa Hr. Trepka Bloch's Indlæg.

Jeg ser af Hr. Trepka Bloch's ovenstaaende Indlæg, at han opfatter Kritikken i min Anmeldelse af hans Bog som fuldstændig uberettiget, saavel fordi jeg ikke skulde have forstaaet hans saakaldte Beviser, som fordi jeg ved at misbillige disse Bevisers Grundlag skulde have indtaget et apriorisk og dogmatisk Standpunkt.

Digitized by Google

For Fysisk Tidsskrifts Læsere kunde det derfor maaske have nogen Interesse, hvis jeg med et Par Bemærkninger gjorde Rede for mit Syn paa Sagen. For det første har jeg i min Anmeldelse kun udtalt Hovedpunkterne i min Opfattelse af Bogens Indhold og Tendens uden nærmere at kommentere disse. For Læsere, som er kendt med det teoretiske og experimentelle Grundlag, hvorpaa Termodynamikken hviler, vilde en saadan Kommentar ikke have nogen Interesse, og jeg holdt mig derfor borte fra en Omtale af Detailler, som en direkte Diskussion med Forfatteren aabenbart vilde have krævet. Saaledes har den Fodnote i min Anmeldelse, i hvilken jeg antyder de elementære matematiske eller fysiske Fejltagelser, som er begaaet i Beviserne, været altfor kortfattet til at finde Forstaaelse hos Bogens Forfatter. Ligeledes fremgaar det af ovenstaaende Indlæg, at Forfatteren ikke er blevet klar over Meningen, som maa tillægges Ordet »Kohærens« i de i Bogen anførte Betragtninger over den anden Hovedsætnings Begrænsning paa Grund af Varmebegrebets statistiske Opfattelse. Om en saadan Kohærens bliver der nemlig først Tale, naar man, paa Grund af at de mikroskopiske Bevægelser af de enkelte Molekyler er taget med i Betragtningen, ikke mere kan skelne skarpt mellem mekanisk Arbejde og Varmeenergi, hvor det drejer sig om Energiudvekslingen mellem forskellige Dele af et System, men om et saadant Tilfælde er der i Beviserne ikke Tale. Hvad til sidst den i Indlæget nævnte fyldigere Udformning af det simplificerede Bevis II angaar, vil Læserne hurtigt kunne overbevise sig om, at det deri omtalte ikke rører ved den Fejltagelse, som havde indsneget sig i Bevisførelsen, og som der blev gjort opmærksom paa i min Fodnote.

H. A. Kramers.

Hermed afsluttes Diskussionen.

Redaktionen.

Digitized by Google

Om sammenstød mellem atomer og langsomme elektroner.

Af

J. Rud Nielsen.

For at forklare vedligeholdelsen af de såkaldte selvstændige elektriske strømme i luft, som man f. eks. har i Geisslerrør, indførte J. J. Thomson og P. Lenard den antagelse, at elektroner med tilstrækkelig stor hastighed ved sammenstød med luftmolekyler kan ionisere disse, d. v. s. sønderslå dem, så der dannes frie elektroner og positivt ladede molekyl- eller atomrester. Det er dog endnu ikke lykkedes at give en tilfredsstillende kvantitativ teori for sådanne udladninger, der som bekendt frembyder mange komplicerede fænomener, og man har derfor ikke ved undersøgelsen af dem opnået noget nøje kendskab til selve stødprocessen.

Ved simplere udladningsformer er muligheden herfor større. Lad os tænke os to plane og parallele metalelektroder anbragt i luft af nogle få mm's tryk. Katoden bestråles med ultraviolet lys, og strømmen måles for forskellige spændingsforskelle mellem elektroderne. Bestrålingen med ultraviolet lys bevirker, at der fra katoden frigøres elektroner med en lille, af lysets bølgebredde og af katodemetallet afhængig, begyndelseshastighed. Når feltet er meget svagt, vil kun en del af disse elektroner nå over til anoden, medens resten vil diffundere tilbage til katoden. Forøges feltet, vil flere og flere af elektronerne drages over til anoden, og med en tilstrækkelig stor spændingsforskel vil alle de elektroner, som frigøres ved katoden, nå anoden, og strømmen vil nu ikke vokse yderligere, selv om spændingsforskellen stadig vokser. Man har, hvad man kalder mætningsstrøm. Strømmen vil dog kun holde sig konstant, så længe spændingsforskellen er mindre end en vis størrelse;

Digitized by Google

vokser spændingsforskellen herover, vil strømmen, som Stoletow har vist, stige stærkt med voksende spændingsforskel; til sidst vil stigningen foregaa uhyre brat, og udladningen vil slå over i en form som den først betragtede. J. S. Townsend undersøgte den første del af den stigende strøm-spændingskurve nærmere og viste, at stigningen kan forklares ved, at elektronerne, og ved stærkere felt også de positive ioner, opnår tilstrækkelig hastighed til at ionisere luftmolekylerne, og han udarbejdede en teori, som ret nøje kan gøre kvantitativt rede for det fundne forløb af strøm-spændingskurven. Idet man gør passende antagelser om sammenstødenes natur, kan man ved hjælp af Townsends teori af eksperimenterne bestemme den hastighed, som elektronerne må have for at være i stand til at ionisere.

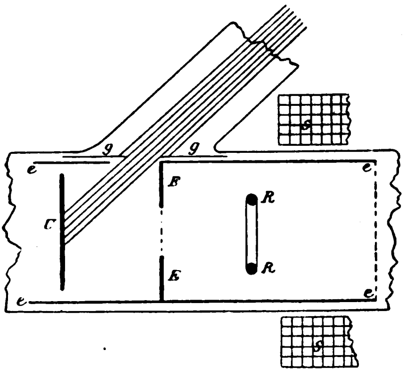


Fig. 1.

En direkte bestemmelse af denne kritiske hastighed foretog P. Lenard i 1902 omtrent samtidig med Townsends bestemmelse. Lenards apparat er vist på fig. 1. I apparatet findes den luftart, som skal undersøges. Trykket er 0,05 mm kvægsølvtryk eller derunder. *U* er en metalplade, der bestråles med utraviolet lys, *E* et fint trådnæt og *R* en metalring, som er forbundet med et elektrometer. *U, E* og *R* er isolerede fra hverandre. Mellem *U* og *E* er der en elektrisk potentialforskel *V* således rettet, at elektronerne drives fra *U* til *E* (accelererende felt). Ved at give *V* forskellige værdier kan man variere den hastighed, hvormed elektronerne når til nættet *E*. For de elektroner, som ikke mister kinetisk energi

Digitized by Google

ved sammenstød med luftmolekyler på vejen mellem *U* og *E*, er denne hastighed V bestemt derved, at deres kinetiske energi $\frac{1}{2}mv^2$, når der bortses fra den ringe begyndelsesenergi, er lig med det arbejde $V \cdot e$, som feltet har udført paa dem under bevægelsen fra U til *E*. Man har altsaa $v = \sqrt{2\frac{e}{m}V}$; indsættes heri værdierne for elektronens ladning *e* og masse *m*, fås, når *V* måles i volt, $v = 0{,}595 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{V}$ cm/sek. Med denne hastighed løber en del af elektronerne gennem nættets masker ind i feltet mellem *E* og *R*, der er rettet modsat *V*, og som er så stærkt, at alle elektronerne vil tabe deres hastighed og vende om, inden de når til *R*. Er elektronernes hastighed for lille til, at de kan ionisere luften, går der altså ingen strøm til *R*; men frembringes der positive ioner i rummet mellem *E* og *R*, vil disse trækkes hen til *R*, som følgelig må lades positivt op. Forsøget bestod i at variere den accelererende spændingsforskel *V* og iagttage, for hvilken værdi af denne den positve opladning af *R* begyndte. Lenard fandt med atmosfærisk luft, brint eller kulsyre i apparatet, at sålænge *V* er under ca. 11 volt, går der ingen strøm til *R*; men så snart *V* overskrider denne værdi, får man en positiv strøm, som vokser stærkt med voksende accelererende felt, og han sluttede af forsøgene, at når en elektrons hastighed blot er lig med eller større end den, der svarer til et accelererende felt på 11 volt, vil et sammenstød med et luftmolekyle i praktisk talt alle tilfælde resultere i, at dette ioniseres. Det har senere vist sig, at en positiv opladning af *R* ikke er noget sikkert tegn på, at der har fundet ionisation af luften sted; for simpelheds skyld vil vi dog i det nærmest følgende se bort herfra.

Af den målte kritiske spændingsforskel kan ioniseringshastigheden, d. v. s. den hastighed, som en elektron må have for at ionisere et luftmolekyle af den betragtede art, beregnes ved hjælp af den ovenfor nævnte formel. I almindelighed anfører man dog selve spændingsforskellen, som kaldes ioniseringsspænding eller ionisationspotential. Den værdi, som Lenard fandt for ionisationspotentialet, er noget mindre end den, der findes ved Townsends metode; men værdierne er dog af samme størrelsesorden.

De elektronhastigheder, der her er tale om, er mange gange større end de hastigheder, luftmolekylerne har; disses bevægelse kan man derfor se bort fra. På den anden side er elektronhastighederne her betydelig mindre end hastigheden af katodestråler eller β-stråler. Elek-

Digitized by Google

tronerne i forsøg af denne art betegnes derfor ofte som langsomme elektroner.

Nyere bestemmelser af ionisationspotentialer efter Lenards metode blev foretaget af Dember, v. Baeyer, F. Mayer o. a. og navnlig af J. Franck og G. Hertz, der udførte en række vigtige arbejder for at undersøge forholdene ved sammenstød mellem langsomme elektroner og luftmolekyler. Franck og Hertz viste i 1913, at ionisationspotentialet er forskelligt for forskellige luftarter; således fandt de for helium 20,5 volt, for ilt 9 og for brint 7,5 volt. Deres forsøg blev gjort med meget rene luftarter, hvilket viste sig at være nødvendigt for at få pålidelige resultater. Der blev derfor anvendt så lidt metal i apparatet som muligt; selve beholderen var af glas. I stedet for lyselektrisk katode anvendtes efter v. Baeyer en glødende tråd. En sådan udsender som bekendt elektroner i et antal, som stiger uhyre stærkt med voksende temperatur. Med glødekatode fås langt stærkere elektronstrøm og dermed større følsomhed end med fotoelektrisk katode. Holdes tråden glødende af en elektrisk strøm, vil spændingsfaldet i glødetråden bevirke, at elektroner fra forskellige dele af denne gennemløber noget forskellige spændingsforskelle, inden de når nættet. En anden kilde til fejl frembyder kontaktpotentialdifferenser mellem apparatets metaldele eller elektriske dobbeltlag på disses overflade. De bevirker, at det spændingsfald, som elektronerne i virkeligheden gennemløber mellem katode og næt, kan være meget betydelig, ofte 1—2 volt, forskelligt fra den værdi, man aflæser på voltmeter. Franck og Hertz reducerer denne fejl ved at lave alle metaldele af samme metal (platin); men den kan ikke helt undgås og må så vidt muligt elimineres ved særlige forsøg.

Franck og Hertz undersøgte nærmere sammenstødene, når elektronhastigheden er mindre end ioniseringshastigheden. Townsend havde antaget, at sammenstødene altid er uelastiske, således at en elektron, hver gang den støder sammen med et molekyle, mister hele sin kinetiske energi. For at der kan ske nævneværdig ionisation, må feltet altså, efter denne opfattelse, være så stærkt, at en elektron kan erhverve sig den til ionisationen nødvendige energi på den frie vejlængde, som gennemløbes mellem to på hinanden følgende sammenstød. Flere kendsgerninger talte imidlertid herimod, f. eks. at Ramsay og Collie havde vist, at man let får Geisslerudladninger i neon eller en anden af de ædle luftarter ved flere atmosfærers tryk, når blot

Digitized by Google

luftarten er meget ren, og at udladningspotentialet er uafhængigt af trykket. Franck og Hertz viste nu, at sammenstød mellem elektroner og atomer af ædle luftarter og metaldampe er fuldkomment elastiske, sålænge elektronhastigheden er mindre end ioniseringshastigheden. Ved sammenstødene vil elektronerne altså, idet deres masse er forsvindende i forhold til atomernes, ikke lide noget tab i kinetisk energi, men kun ændre bevægelsesretning.

I fleratomige luftarter viste sammenstødene sig at være halvelastiske, således at elektronerne lider energitab ved sammenstødene, der er desto større jo større luftartens elektronaffinitet er (jo mere elektronegativ den er). Denne virkning hænger sikkert sammen med luftmolekylernes tilbøjelighed til at danne molekylkomplekser om elektronerne, som det kendes fra forsøg med meget langsomme elektroner i luft af temmelig højt tryk. En sådan kompleksdannelse finder, som Franck har vist, ikke sted i ædle luftarter og metaldampe. Energitabene har dog muligvis også andre årsager.

En af de af Franck og Hertz anvendte metoder beror på måling af hastighedsfordelingen blandt elektronerne, efter at de har passeret fra glødetråden til nættet. Dette gøres ved at anbringe en plade, som gennem et galvanometer er forbundet med jorden, tæt bag ved nættet og måle strømmen til pladen for forskellige bremsende spændingsforskelle mellem næt og plade. Er det bremsende potential V, vil kun de elektroner, som går gennem nættet med en hastighed, som er større end den, der svarer til spændingsforskellen V, nå pladen. Formindskes strømmen fra i til $i - di$, når det bremsende felt vokser fra V til $V + dV$, så ved man, at det antal elektroner, hvis hastighed eller rettere hastighedskomposant vinkelret på nættet svarer til et accelererende felt mellem V og $V + dV$, er proportionalt med di. Af kurven, som fremstiller strømmen i som funktion af den bremsende spændingsforskel V, kan man altså finde energifordelingskurven ved grafisk differentiation. Fig. 2 viser to i, V-kurver, som er fundet med kvægsølv af ca. 1 mm tryk i apparatet. For kurve 1 var den på voltmeter aflæste accelererende spændingsforskel 4 volt. Det ses af kurven, at elektronenergierne ligger mellem 3 og 5 volt og tættest omkring c. 4 volt. At nogle elektroner når til nættet med en hastighed større end den, der svarer til 4 volt, skyldes spændingsfaldet langs glødetråden og muligvis kontaktpotentialdifferenser el. lign. At andre elektroner har mindre hastighedskomposant vinkelret på nættet, skyldes dels

Digitized by Google

spredning af elektronerne ved sammenstød og dels spændingsfaldet langs glødetråden. Ved kurve 2 var det accelererende felt 7,5 volt, hvilket er større end den værdi 4,9 volt, som var fundet for ionisa-

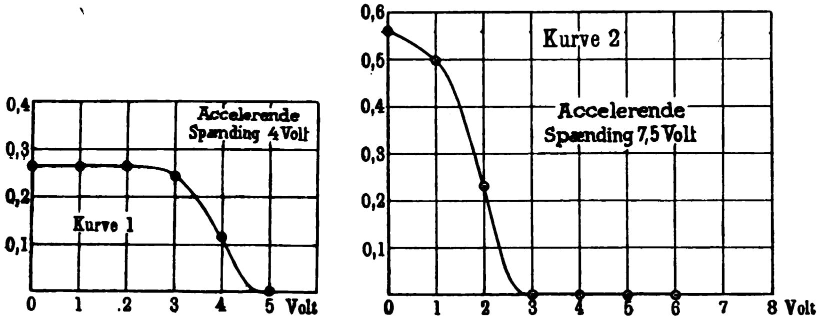


Fig. 2.

tionspotentialet. Det ses, at næsten alle elektroner har mistet en kinetisk energi svarende til c. 5 volt. Fig. 3 viser to kurver taget i ilt af 0,2 mm tryk (med et andet apparat end det til kvægsølv anvendte).

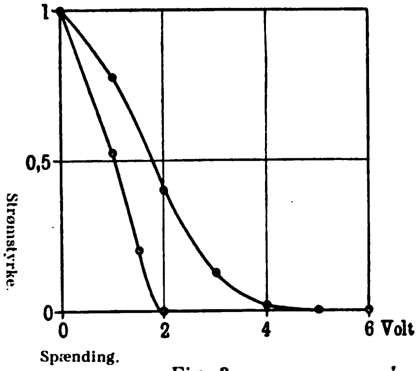


Fig. 3.

Den accelererende spændingsforskel var i begge tilfælde 6 volt, hvilket er mindre end ionisationspotentialet. Det ses, at alle elektroner har lidt meget betydelige energitab. Den stejleste kurve svarer til en større afstand mellem glødetråd og næt end den anden kurve, energitabene er derfor større.

Hastighedsfordelingsforsøg med elektronhastigheder betydelig større end ioniseringshastigheden er udført af Franck og Hertz og

Digitized by Google

navnlig af N. Åkesson. De viser, at elektronerne ved sammenstød afgiver den energimængde, som kræves til ionisationen, og beholder restenergien som kinetisk energi. På fig. 4 ses en af Åkessons kurver, som er optaget med ilt af 0,01 mm tryk og med et accelererende felt på 20 volt. Den tilsvarende energifordelingskurve er tegnet punk-

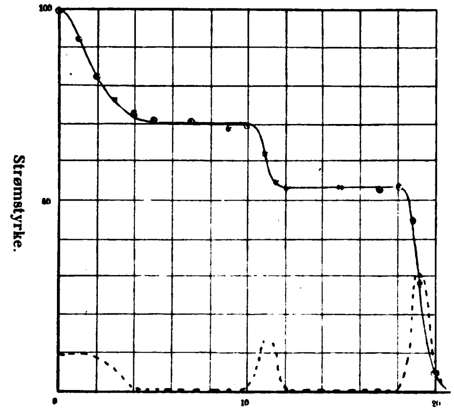


Fig. 4.

teret. Det ses, at elektronerne fordeler sig i tre grupper: elektroner, som intet energitab har lidt, elektroner, som har mistet en energi svarende til ca. 8,5 volt, og endelig elektroner, som har mistet dobbelt så meget energi.

På opdagelsen af uelastiske sammenstød grundede Franck og Hertz en metode til bestemmelse af ionisationspotentialer, som ofte giver større nøjagtighed end den tidligere anvendte og navnlig er af værdi ved metaldampe. Apparatet er som det, der anvendtes til forsøgene over hastighedsfordeling. Man måler strømmen til pladen for forskellige værdier af det accelererende felt mellem glødetråd og næt, idet der mellem næt og plade er et konstant svagt, bremsende felt. Strømmen må ventes at have følgende forløb. Så længe det accelererende felt er mindre end det bremsende, er strømmen nul. Derefter vil den vokse, indtil den accelererende potentialforskel bliver lig med ionisationspotentialet. Når det er tilfældet, vil de allerfleste elektroner — såfremt trykket er passende højt — have ioniseret et luftmolekyle, lige inden de når nættet, og de vil derfor have for ringe hastighed

Digitized by Google

til at nå gennem det bremsende felt til pladen. Strømmen vil derfor falde til en lille værdi. Med voksende accelererende felt vil den atter stige, indtil det dobbelte af ionisationspotentialet er nået. Elektronerne vil da ionisere deres andet molekyle lige foran nættet, og der vil komme et nyt fald i strømmen. Det samme vil gentage sig, hver gang det accelererende felt er et helt multiplum af ionisationspotentialet. Fig. 5

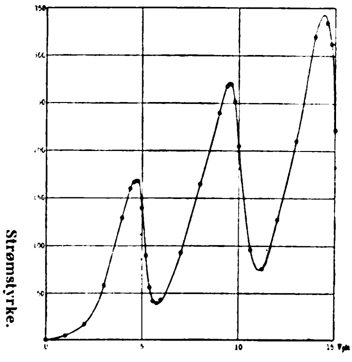


Fig. 5.

viser en eksperimentelt fundet strøm-spændingskurve for kvægsølv af 1 mm tryk. At strømmen ikke falder mere brat, skyldes spændingsfaldet langs glødetråden. Strømmen vokser også mindre stejlt op, end man skulde vente; det kan forklares ved, at der når nogle positive ioner til pladen. Idet man af kurven bestemmer ionisationspotentialet som differensen mellem abscisserne svarende til to på hinanden følgende toppe, får man en værdi for dette, som ikke er behæftet med fejl hidrørende fra kontaktpotentialer el. lign.

Efterhånden som de eksperimentelle resultater øgedes, blev der gjort forskellige forsøg på en teoretisk forklaring af den ejendommelige springvise overføring af energi fra elektron til atom og på en beregning af ionisationspotentialer. De fleste forsøg var dog mere eller mindre resultatløse. J. Stark og Franck og Hertz formodede, at de fundne forhold måtte forklares kvanteteoretisk, og N. Bohrs på Plancks kvanteteori og Rutherfords kerneteori

Digitized by Google

opbyggede teori for atomernes bygning og lysemissionen*) viste sig hurtigt også at være vel egnet til at forklare resultaterne af forsøgene over elektronstød.

Efter Bohrs teori skal der bestå en simpel forbindelse mellem et atoms ionisationspotential V og dets spektrum. Lad os tænke os, at et atom, f. eks. ved et uelastisk elektronstød har mistet en af sine ydre elektroner, under hvilken proces energimængden Ve, hvor e er elektronladningen, er taget fra den stødende elektron. Det kan nu ifølge Bohrs teori ske, at den fjernede eller en anden elektron falder eller springer ind mod kernen til sin normale bane i atomet, hvorved energimængden Ve udsendes i form af monokromatisk elektromagnetisk stråling af en frekvens ν_∞, der bestemmes ved ligningen $h\nu_\infty = Ve$, hvor h er Plancks konstant. I stedet for i et enkelt »spring« at finde ind i sin normale bane kan elektronen gøre ophold på vejen i stationære baner, som er længere fra kernen og svarer til større energi af atomet end den normale stationære bane. Der udsendes i så fald flere spektrallinjer, hvis frekvenser alle er mindre end ν_∞. Denne frekvens er grænsefrekvensen for den eller de spektralserier, der udsendes ved elektronspring, ved hvilke den normale, mest stabile bane er endebane. ν_∞ kan også karakteriseres som den højere grænsefrekvens for absorptionsspektret af luftarten i sin normale (ikke-luminiscerende) tilstand. Træffes atomet af elektromagnetisk stråling af frekvensen ν_∞, vil det kunne absorbere energimængden $h\nu_\infty$, hvorved det ioniseres. Bestråles det af lys af samme frekvens som den, der udsendes ved elektronspring fra en eller anden stationær bane til den normale bane, vil en elektron kunne føres fra sin normale bane ud til den ved frekvensen bestemte stationære bane derved, at den fornødne mængde $h\nu$ af strålingsenergien absorberes. Teorien kræver altså, at de målte ionisationspotentialer tilfredsstiller ligningen $Ve = h\nu_\infty$ eller $V = \frac{12334}{\lambda_\infty}$, hvor konstanten er beregnet således, at V skal måles i volt, og λ_∞ er bølgebredden i Ångstrøm. Endvidere må man vente, at luftarten, når den bombarderes med elektroner, hvis hastighed er større end ioniseringshastig-

*) Se f. eks. N. Bohr: Om Brintspektret. Fys. Tidsskr. *12*, S. 97, 1913—14, E. S. Johansen: Moderne Anskuelser om Elektricitet og Stof, København (Gjellerup) 1920, N. Bohr: Über die Serienspektra der Elemente Braunschweig 1921 (Sammlung Vieweg) el. A. Sommerfeld: Atombau und Spektrallinien, Braunschweig (Fr. Vieweg) 1919.

Digitized by Google

heden, såfremt det elektriske felt ikke er stærkt nok til at forhindre de frigjorte elektroner i at forene sig med de positive ioner, vil udsende et helt spektrum med λ_∞ som kortbølget grænse. Det viste sig nu imidlertid, at de fleste eksperimentelt fundne værdier for ionisationspotentialet af enatomige luftarter ikke tilfredsstillede ligningen $eV = h\nu_\infty$. For kvægsølv er således grænsen for hovedserien i absorptionsspektret 1188 Å, hvortil svarer et ionisationspotential på 10,4 volt. Stark havde ganske vist fundet 10 volt for ionisationspotentialet; men de tilsyneladende pålideligere forsøg af Franck og Hertz, Newman o. a. gav værdien 4,9 volt. Denne værdi svarer godt til bølgebredden 2536 Å for den første (mest langbølgede) linje i absorptionsspektret, og Franck og Hertz viste, at kvægsølv, gennem hvilket der sendes 4,9 volt elektroner virkelig udsender denne linje og ikke lys af andre bølgebredder. McLennan og Henderson fandt senere, at man først med elektronhastigheder svarende til 10,4 volt fik hele det system af linjer med grænse 1188 Å, som man skulde vente, når ionisationen indtræder. Disse kendsgerninger må efter teorien tydes således, at man ved forsøgene, som gav værdien 4,9 volt, slet ikke har haft ionisation, men derimod uelastiske elektronstød, ved hvilke en ydre elektron i atomet er ført fra sin normale bane ud i den næste stationære bane. Linjen 2536 Å udsendes, idet elektronen efter en kort tids forløb falder tilbage i sin normale stationære bane. Mod denne opfattelse talte tilstedekomsten af den positive strøm til pladen, som hidtil var taget som et sikkert tegn på ionisation. Bohr og senere v. d. Bijl gjorde imidlertid opmærksom på, at strømmen ikke behøvede at skyldes positive ioner, men også kunde tænkes at hidrøre fra, at den ultraviolette stråling fra de af uelastiske elektronstød påvirkede atomer løsrev elektroner fra pladen, og Bergen Davis og F. S. Goucher godtgjorde i 1917 eksperimentelt rigtigheden af denne forklaring.

Deres apparat er vist på fig. 6. Det adskiller sig fra de tidligere anvendte apparater principielt kun derved, at der ikke er et men to næt B og C mellem glødekatoden A og pladen D. De anvendte nu bl. a. følgende metode. Strømmen til pladen D måltes for forskellige værdier af den accelererende spændingsforskel V_1 mellem A og B, idet der mellem B og C var et bremsende felt V_2, som stadig holdtes nogle volt større end V_1, og mellem C og D en konstant bremsende spændingsforskel V_3 på ca. 1,5 volt. Man fik da i kvæg-

Digitized by Google

sølv af et tryk noget lavere end 0,01 mm en strøm-spændingskurve som *b* på fig. 7. Idet det accelererende felt når en værdi ca. 5 volt, begynder der at gå en positiv strøm til pladen, ved ca. 6,5 volt indtræder der en ret pludselig stigning i strømmen, og ved 9,8 = 2 × 4,9

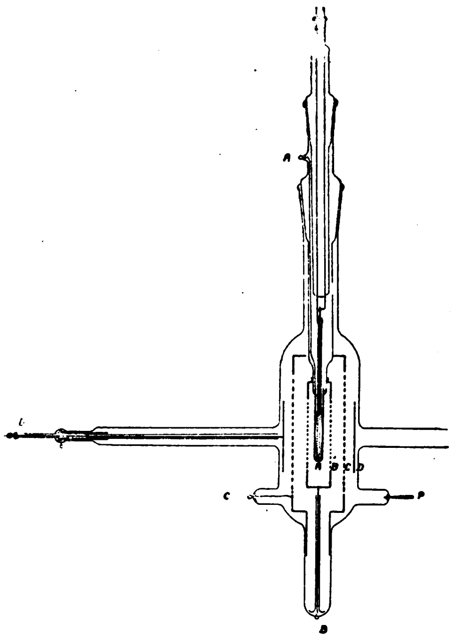


Fig. 6.

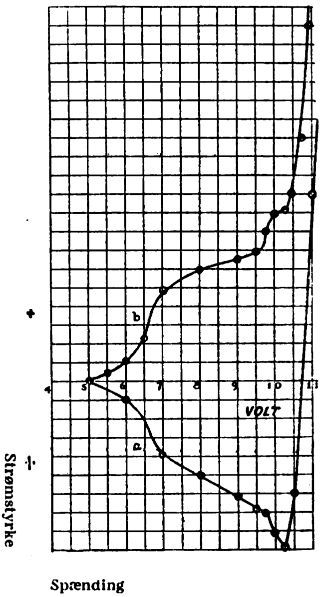


Fig. 7.

volt ses en ny stigning; ved 10,3 volt begynder endelig en uhyre brat stigning i strømmen. Forløbet af denne kurve er ganske som forløbet af den, man får, når nættet *C* forbindes med pladen, altså når den almindelige Lenardmetode anvendes, og man kan ikke af denne kurve alene afgøre, om den positive strøm skyldes positive ioner eller fotoelektrisk virkning. For at afgøre dette toges en ny strøm-spændingskurve med feltet V_3 modsat rettet. Derved forhindres elektroner, som strålingen måtte løsrive fra pladen *D* i at forlade denne, uden at V_3 dog er stor nok til at hindre en nævneværdig del af de positive ioner, som måtte dannes mellem nættene *B* og *C,* i at nå frem til pladen. Strålingens indflydelse på den strøm, som går til pladen, er dog ikke borteliminеret, idet en del af de elektroner, som af strå-

Digitized by Google

lingen måtte frigøres ved nættet *C*, vil trækkes over mod pladen; men der er opnået, at strømmene hidrørende fra ionisation og stråling vil have modsat fortegn. Fig. 7 a viser den således fundne strøm-spændingskurve. Ved en accelererende spændingsforskel på 5 volt begynder der at gå en strøm til *D*, som er negativ og derfor må skyldes fotoelektrisk udsendelse af elektroner fra nættet *C*. Den negative strøm vokser med voksende accelererende felt, indtil der ved 10,3 volt fås en skarp positiv tilvækst i strømmen, som med voksende felt hurtig skifter fortegn og vokser meget stærkt. Heraf kan man med sikkerhed slutte, at ionisationen først begynder ved 10,3 volt, en værdi, der stemmer udmærket med den af spektret beregnede. Den første del af kurven *b* har ganske samme forløb som begyndelsen af kurven *a*; den må derfor også skyldes strålingens virkning. Den stigning i kurven, som ses mellem 6 og 7 volt, må antages at hidrøre fra emission af linjen 1849 Å, hvortil svarer spændingsforskellen 6,7 volt; den er ligesom 2536 Å første linje i en serie med 1188 Å som grænse. Strålingen alene undersøges iøvrigt bedst, når feltet V_3 gøres betydeligt stærkere, således at ingen positive ioner kan nå til pladen. Med denne anordning findes ingen stråling ved 10,3 volt, hvilket må ligge i, at det stærke felt hindrer den genforening af elektroner og positive ioner, som betinger udstrålingen.

Davis og Gouchers metode til at skelne mellem stråling og ionisation betød et væsentlig fremskridt i den eksperimentelle undersøgelse af elektronstød, og den er blevet anvendt ved de fleste senere arbejder, ved hvilke man ikke blot har bestræbt sig for at bestemme ionisationspotentialer, men i det hele taget for at undersøge størrelsen af de energimængder, som ved sammenstød kan overføres fra den stødende elektron til atomet, idet en af dettes ydre elektroner føres fra sin normale bane ud i en anden stationær bane. De accelererende spændingsforskelle, ved hvilke man får stråling, kaldes oftest resonanspotentialer, da de spektrallinjer, som lettest iagttages ved forsøgene, nemlig sådanne som er første linje i en absorptionsserie, er resonanslinjer, hvorved forstås linjer, som udsendes af luftarten uden samtidig emission af andre linjer, når den bestråles af lys af samme bølgebredde. Efter at man ved elektronstødforsøg har iagttaget andre linjer end resonanslinjer, er navnet resonanspotential uheldigt. Et bedre navn er o v e r f ø r i n g s p o t e n t i a l, hvor-

Digitized by Google

ved antydes, at en til spændingsforskellen svarende elektronenergi kan overføres til atomet under uelastisk elektronstød.

Luftart	Overføringspotential	Ionisations-potential	
Na	2,12 Volt	5,13 Volt	Tate og Foote (1917)
K	1,55	4,1	» » » »
Rb	1,66	4,16	Foote, Rogueley og Mohler (1919)
Cs	1,49	3,96	» » » »
Zn	4,1	9,5	Tate og Foote (1918)
Cd	3,88	8,92	» » » »
Hg	(17 forskellige, se fig. 8)	10,38	Franck og Einsporn (1920)
He	(20,45); 21,25; 21,9; 23,6	25,3; 79,5	Franck og Knipping (1919)
Ne	11,8; 17,8	16,7; 20,0; 22,8	Horton og Davies (1919)
A	11,5	15,1	» » » (1920)
H_2	11; 13,2	11; 15,8	Davis og Goucher (1917)
	11,5; 13,6	11,5; 17,1; 30,4	Th. Krüger (1920)
	10,5; 13,9	14,4; 16,9	Horton og Davies (1920)
N_2	7,5; 9	18	Davis og Goucher (1919)
O_2	9		Bishop (1917) o. a.
NO	9,3		Hughes og Dixon (1917)
	7,5		Bishop (1917)
CO	14,5		Mayer (1914)
	7,2		Hughes og Dixon (1917)

En sammenstilling af resultater for størstedelen af de undersøgte luftarter er givet i ovenstående tabel. Den indeholder først værdier for enatomige luftarter eller dampe ordnede efter grupper i det periodiske system. For alkalimetallernes vedkommende findes målinger for alle stoffer undtagen for lithium. Undersøgelsen af lithium vilde være af stor interesse på grund af atomets simple bygning; men den store kemiske reaktionsdygtighed og det lave damptryk frembyder store eksperimentelle vanskeligheder. Værdierne for de øvrige alkalimetaller stemmer i alt væsentlig med de af spektret beregnede værdier. For kalium er således de beregnede værdier for overførings- og ionisationspotential 1,60 og 4,32 volt. Overføringspotentialet svarer til den første linje i absorptionsspektret, for Na til *D*-linjen. Kun ved cæsium er der større uoverensstemmelse, idet man har fundet overføringspotentialet 1,49 volt, medens man

Digitized by Google

efter spektret skulde vente værdierne 1,38 og 1,45 volt. Af metallerne i anden gruppe af det periodiske system er kvægsølv det bedst undersøgte, og det er i det hele taget det bedst undersøgte af alle stoffer. Dette ligger navnlig i, at man kan fremstille kvægsølv i yderst ren tilstand; dets høje damptryk er også af betydning. Davis og Goucher havde, som ovenfor omtalt, foruden ionisationspotentialet bestemt to overføringspotentialer: men ved at rense kvægsølvet med meget stor omhu såvel for iblandede metaller som for luft afgivet fra glasvæggene og ved at holde glødekatodens temperatur og dermed elektronemissionen meget nøje konstant lykkedes det J. Franck og E. Einsporn at påvise knæk i strøm-spændingskurven svarende til 17 forskellige overføringspotentialer. Fig. 8 viser en af de op-

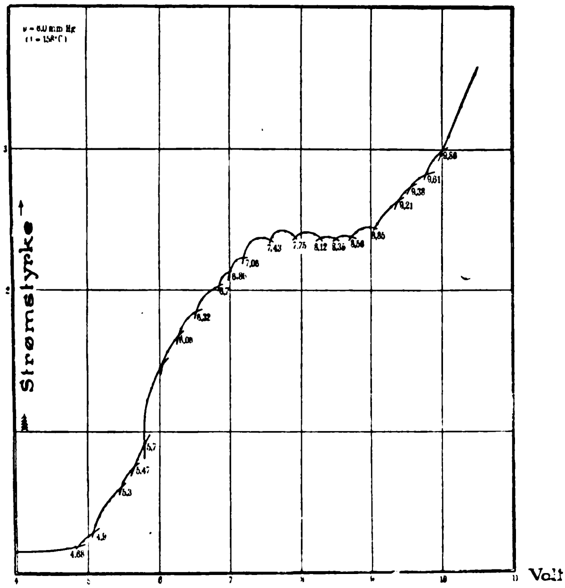


Fig. 8.

tagne kurver. For at finde og bestemme beliggenheden af disse knæk må den accelererende spændingsforskel selvfølgelig kun ændres meget lidt mellem to på hinanden følgende strømmålinger. Der optoges kurver ved forskellige tryk, da de forskellige knæk ikke er tydeligst ved samme tryk. Af de fundne 17 overføringspotentialer var Franck

Digitized by Google

og Einsporn i stand til at tyde de 12 ud fra kendskabet til spektret. Det er af interesse, at enkelte af disse overføringspotentialer svarer til kombinationslinjer, som ikke hidtil er iagttaget i spektret. Ved elektronstød kan man altså fremkalde sådanne overgange mellem stationære tilstande, som ikke fremkommer frivilligt under almindelige forhold. For zink og cadmium stemmer de fundne resultater godt med spektret; man har foruden ionisationspotentialet kun bestemt det overføringspotential, som svarer til 4,9 volt ved kvægsølv.

De inaktive luftarter argon, neon og navnlig helium har været genstand for mange undersøgelser. Ved disse luftarter er det i særlig grad nødvendigt at arbejde med meget rene stoffer, fordi overførings- og ionisationspotentialer er så høje, højere end for de fleste urenheder. Helium er i den seneste tid blevet undersøgt af J. Franck og P. Knipping, der har opnået resultater af største vigtighed. I overensstemmelse med tidligere bestemmelser fandt de for det laveste overføringspotential værdien 20,5 volt, for ionisationspotentialet fandtes 25,4 volt. En sammenligning af disse værdier med, hvad man må vente efter spektret, er ikke direkte mulig, da absorptionsspektret for helium ligger så langt ude i det ultraviolette, at det ikke er tilgængeligt for iagttagelse med de nuværende spektroskopiske hjælpemidler*). Den fundne værdi for ionisationspotentialet er betydelig lavere end den værdi (ca. 29 volt), som beregnes efter Bohrs oprindelige heliummodel. At ionisationspotentialet virkelig er 25,4 volt, bekræftes derved, at Franck og Knipping fandt et knæk i strømkurven ved 79,5 volt. Dette knæk kan ikke svare til en fjerde gentagelse af et 20,5 volt stød, da der intet knæk findes ved 61 volt, og de tyder det som ionisationspotentialet for afspaltning af begge elektroner fra heliumatomet. Trækker man nu fra værdien 79,5 volt det ionisationspotential, som svarer til fjernelsen af den sidste elektron fra et heliumatom, der allerede har mistet een elektron, hvilket let kan beregnes på grund af heliumionens lighed med brintatomet, skal man få ionisationspotentialet for afspaltning af en enkelt elektron fra det neutrale heliumatom; man finder netop værdien 25,4 volt. Ud fra for-

*) Tilføjelse ved korrekturen: H. Fricke og Th. Lyman har nylig (Phil. Mag., 41, 814, 1921) med en vakuumspektograf med gitter af lille brændvidde fundet en linje ved 585 Å. Det hertil svarende overføringspotential stemmer ret godt med den af Franck og Knipping fundne værdi 21,25 volt.

Digitized by Google

søgsresultaterne må man altså slutte, at den nævnte model for heliumatomet, der iøvrigt også af andre grunde må anses for tvivlsom, ikke kan være rigtig. Franck og Reiche har vist, at resultaterne stemmer bedre med en model for heliumatomet, som skyldes Landé. Heliumspektret består af to seriesystemer, mellem hvilke der ingen kombinationslinjer findes. Runge og Paschen antog derfor, at helium forekom i to forskellige modifikationer: helium og parhelium. Efter beregninger af Landé kan man antage, at de to elektronbaner i parhelium ligger i to på hinanden vinkelrette planer og griber ind i hinanden, medens elektronbanerne i den anden modifikation ligger i samme plan (er komplanare). Landé antog, at det komplanare heliumatom med enkvantede elektronbaner er det normale heliumatom. Herimod taler dog den omstændighed, at det efter beregningen skal have et ionisationspotential på ca. 30 volt, medens det eksperimentelt fundne er 25,4 volt. Da den beregnede værdi af ionisationspotentialet for heliumatomet med krydsede enkvantede baner stemmer betydelig bedre med det eksperimentelt fundne ionisationspotential, antager Franck og Reiche, at dette er det normale heliumatom, og at det andet slet ikke forekommer. Bohr har senere ved simple betragtninger vist, at det ikke kan eksistere. Som følge af den sammenhæng, som der antages at være mellem arten af elektronbevægelserne i to stationære tilstande og sandsynligheden for en elektronovergang fra den ene tilstand til den anden (korrespondensprincipet*)), kan, antager Franck og Reiche, et normalt heliumatom med krydsede baner ikke ved absorption af elektromagnetisk stråling gå over i en form med komplanare baner. Det normale absorptionsspektrum må altså alene høre til parheliumspektret. En sådan overgang må imidlertid antages at kunne bevirkes ved elektronstød. Af forskellen mellem seriegrænserne for de serier, der udsendes ved sådanne elektronovergange, ved hvilke endetilstandene er henholdsvis parhelium med en tokvantet og en enkvantet elektronbane og komplanart helium med en tokvantet og en enkvantet bane, slutter Franck og Reiche, at det overføringspotential, der svarer til en overgang fra det normale heliumatom til den næste stationære tilstand med krydsede baner, er 0,8 volt større end det, hvorved man får en overgang til den første tilstand med komplanare baner. Ved Franck

*) Se N. Bohr: Über die Serienspektra der Elemente.

Digitized by Google

og Knippings første undersøgelse fandtes en svag stigning i strømmen ved 21,3 volt. En ny undersøgelse viste, at man i yderst ren helium overhovedet ikke fik stråling ved 20,5 volt, men først ved 21,25 volt. Dette må betyde, at det komplanare heliumatom med en enkvantet og en tokvantet elektronbane, som dannes ved 20,5 volt stød, i overensstemmelse med korrespondensprincipet ikke under udsendelse af stråling går tilbage i det mere stabile normale heliumatom. Det er, hvad man kalder metastabilt. Dette havde forøvrigt Franck og Reiche sluttet af den omstændighed, at linjen 10830 Å, der tænkes at udsendes ved overgang fra to tokvantede komplanare elektronbaner til en enkvantet og en tokvantet bane, ved Paschens undersøgelser har vist sig at være en egentlig resonanslinje. Den mindste forurening bevirker, at det metastabile helium under energiudstråling omdannes til normalt helium. Man kan tænke sig, at dette skyldes, at stærke molekularfelter hidrørende fra nærliggende fremmede molekyler perturberer elektronbevægelserne i heliumatomet, således at korrespondensprincipet ikke udelukker en overgang fra den ene tilstand til den anden. Franck og Knipping kunde påvise, at strålingen, som iagttages ved 20,5 volt, udsendes nogen tid efter dannelsen af metastabile atomer ved elektronstød; men på grund af de minimale mængder af forurening, som her er tale om, var det umuligt at bestemme reaktionshastighedens afhængighed af forureningens koncentration og art.

Foruden de allerede nævnte resultater fandt Franck og Knipping endnu to overføringspotentialer 21,9 og 23,6 volt. Disse værdier stemmer med de beregnede værdier svarende til anden og tredje linje i absorptionsspektret, som findes ved til 21,25 volt at lægge størrelser, som udtrykker energiforskellen mellem de tilstande, der nås ved absorption af anden eller tredje linje, og den tilstand, som nås ved absorption af første linje. Disse energiforskelle findes af det kendte spektrum.

Resultaterne for neon og argon er næppe så pålidelige som for helium, og en detaljeret teoretisk tydning af dem er endnu ikke lykkedes.

I tabellen er endelig anført enkelte af målingsresultaterne for nogle af de undersøgte fleratomige luftarter og kemiske forbindelser. Ved disse frembyder den foran omtalte omstændighed, at sammenstødene aldrig er helt elastiske, og andre forhold f. eks. muligheden for kemiske processer betydelige vanskeligheder for undersøgelsen.

Digitized by Google

Brint egner sig bedst og er gjort til genstand for de fleste undersøgelser. De anførte resultater af omhyggelige målinger viser, at der endnu ikke er opnået overensstemmelse mellem de forskellige forskeres resultater. For de øvrige luftarter er resultaterne yderst usikre. Ved de fleste målinger har der ikke været skelnet mellem ionisation og stråling. De fleratomige molekylers komplicerede spektre gør det vanskeligt at finde en forbindelse mellem spektrene og resultaterne af elektronstødforsøgene. En teoretisk tydning af resultaterne er kun forsøgt for brintens vedkommende, uden at sikre resultater dog er nået.

I det foregående har der stedse været tale om sammenstød mellem elektroner og normale atomer eller molekyler; men det vil selvfølgelig også kunne hænde, at elektroner rammer atomer, som ved tidligere elektronstød er bragt i en tilstand, i hvilken en af elektronerne bevæger sig i en stationær bane, som ligger længere fra atomkernen end dens normale bane. Sådanne sammenstød vil dog i almindelighed være meget sjældne, fordi den tid, som går, inden en elektron, der er fjernet fra sin normale mest stabile bane, søger tilbage til denne, i almindelighed er meget kort. Man regner efter undersøgelser af Stern og Volmer, at denne tid i middel er 10^{-8} sek.; men denne værdi er dog meget usikker. Undtagelsestilfælde danner selvfølgelig metastabile atomer. Ved et sammenstød af den omtalte art vil den elektron, som allerede er fjernet fra sin normale bane, kunne føres endnu længere ud fra kernen eller helt fjernes fra det øvrige atom. På lignende måde vil den stråling, der udsendes, når atomer, der er påvirkede af uelastiske elektronstød, går tilbage i normaltilstanden, kunne absorberes af andre påvirkede (»angeregte«) atomer med det resultat, at disse ioniseres. Disse forhold forklarer, at Millikan o. a. har kunnet frembringe bue-udladning i kvægsølv med en spænding på 5 volt, når der anvendtes glødekatode. Som Klein og Rosseland har gjort opmærksom på, må man vente, at det også vil kunne ske, at et påvirket atom ved sammenstød med en elektron afgiver energi til denne, hvorved elektronens hastighed forøges, medens atomet uden stråling går tilbage i sin normale tilstand. Dette forhold er endnu ikke undersøgt eksperimentelt.

Studiet af sammenstød mellem elektroner og atomer eller molekyler blev påbegyndt i den hensigt at skaffe et grundlag for teorien for elektriske udladninger i luft, og de resultater, som er nået, er da også af stor betydning for forståelsen af udladningsfænomenerne.

Digitized by Google

Men større betydning har undersøgelserne haft, derved at de har skaffet os vigtige oplysninger om atomernes struktur. Forsøgene har vist, at stødprocessen på en eller anden ukendt måde er reguleret således, at energien kun kan udveksles mellem den stødende elektron og atomet i ganske bestemte af atomets art afhængige mængder. Dette kan ikke forklares ud fra almindelige mekaniske love; men, som vi har set, er Bohrs teori i stand til at give en simpel formel tydning af forsøgsresultaterne. Herved har denne teori fået en meget direkte eksperimentel bekræftelse. Elektronstødforsøgene danner et vigtigt supplement til spektroskopien; de giver ikke tilnærmelsesvis den samme nøjagtighed, som nås ved optiske målinger, men de giver direkte oplysninger om seriegrænser og de forskellige linjers samhørighed og kan give oplysning om spektre, der ligger for langt ude i det ultraviolette til at erkendes ved optiske metoder.

Ett nyfunnet brev från H. C. Örsted.

Av J. G. Tandberg.

Under arbete med att ordna papper och avhandlinger, som tillhört framlidne professor C. D. Hill i Lund, har förf. påträffat ett brev från H. C. Örsted, som i flera avseenden är av stort intresse. Brevet är daterat Kjöbenhavn d. 30. December 1821 och hänför sig alltså till den tid, då elektromagnetismens studium som bäst sysselsatte Europas lärde.

När Örsteds stora upptäckt hade blivit bekant, skyndade naturforskarna att återupprepa experimenten. En stor mängd avhandlingar såg dagen, och många nya upptäckter och lagbundenheter trodde man sig här och var hava funnit. Ett noggrannare studium av Örsteds klassiska originalmeddelande, »Cirka Effectum Conflictus . . .« skulle emellertid i de flesta fall ha visat, att allt väsentligt redan hade blivit funnet av Örsted. Så är fallet även här, där Örsted uttryckligen framhåller för Hill, att denne skall läsa programskriften rätt, och avböjer Hills förslag till nytolkning av ordalydelsen. Brevet avtryckes här nedan in extenso:

Digitized by Google

Hr. Doctor Hill,

Adjunct ved Universitetet i Lund.

For Deres mig ved Grev Horn tilstillede interessante og grundige Afhandling over Electromagnetismen aflægger jeg Dem herved min hjerteligste Taksigelse. Uagtet Manuskriptet har lidt noget Tab i sin Tydelighed ved de hyppigen indstrøede Forandringer, troer jeg dog, at det vil være læseligt nok for Sætteren. Jeg skal derfor med næste Agepost sende den til Schweiggers Journal; men udbeder mig forinden Tilladelse at rette to Steder. Det ene er Pag. 4, hvor det heder at De troer at burde antage at der fordres en vis Intensitet for at fixere Magnetismen i Staalet. Jeg kan forsikre at man kan magnetisere meget stærkt og constant ved et eneste galvanisk Element, naar det kun har en stor Overflade. Jeg vilde derfor udslette et Par Linier i Manuskriptet, og forbinde Sætningerne saaledes, at det hed: Um eine stärkere Wirkung zu erhalten benutzte ich die Leidner Flasche. Det andet sted i Deres Afhandling hvorimod jeg har en Indvending er Pag. 46 og 47, hvor De taler om min Theorie. De skjælner der min ældre og min nyere. Det De kalder min nyere Theorie er ikkun en videre Udvikling af min ældre. Der hvor jeg i mit Program Pag. 4, Lin. 18 taler om en motum centrarium har jeg meent in eadem linea spirali. Jeg kan derfor ikke benytte det Forsvar De laaner mig, ved at forstaae mig anderledes. Derimod maa jeg bestandigen paastaae, at ikke Spiralen er det som jeg har lagt Vægt paa i Electromagnetismens Theorie, men Circulationen. Om Antagelsen af Spiralen i Stedet for Cirkelen siger jeg udtrykkeligen i Programmet P. 4, Lin. 12 og 13: »quod tamen, nisi fallor, ad phænomena hucusque observata explicunda nihil confert.« Naar jeg ikke antager Spiralen kan jeg riktig nok ikke angive hvilken Magnetisme svarer til den positive og hvilken til den negative Electricitet; men dette ligger i Sagens Natur. Efter alt dette synes det mig vel at De kan erklære Dem mod min Antagelse af Spiraler, hvilken jeg dog endnu ei opgiver, men ikke mod den Regel jeg udtrykkeligen har anseet som Grundloven. Over dette Punkt ønskede jeg meget Deres Erklæring før jeg afsender Afhandlingen.

Jeg beder Dem i Øvrigt være overbeviist om min sande Høi-

Digitized by Google

agtelse for den Indsigt og den Undersøgelsesaand De ved denne Afhandling, ligesom ved Deres tidligere Arbeide har lagt for Dagen.

Kjøbenhavn d. 30. Decemb. 1821.

Ærbødigst
H. C. Ørsted.

Den avhandling av Hill, som avses i brevet, är intagen i Schweiggers Journal für Chemie und Physik, Neue Reihe, 1822, sid 290—324: »Einige Versuche mit der gewöhnlichen Electrisiermaschiene zu magnetisieren«. I denna avhandling (som f. ö. vanprydes av åtskilliga förargliga tryckfel) visar Hill både huru man kan borttaga magnetismen från en stålmagnet genom att släppa ett elektriskt slag därigenom, och hur man kan framställa magneter med hjälp av elektriska urladdningar i spiral kring stålet, ävensom genom att böja stålet i spiral gring ledaren. Begreppet »Intensitet« torde Hill uppfatta sålunda, att slaget från en elektricitetsmaskin eller laddflaska anses ha större Intensitet än urladdningen från ett galvaniskt element, alltså närmast motsvarande vårt spänningsbegrepp.

De anmärkningar, som Örsted i sitt brev gör på Hills avhandling, har Hill tagit vara på, och ändrat ordalydelsen i överensstämmelse därmed, varigenom han ger fullt erkännande åt Örsteds prioritet till de grundläggande upptäckterna.

Den forskare, till vilken brevet är riktat, var en mycket egendomlig personlighet. Född 1793 blev han vid 24 års ålder filosofie doktor, docent i fysik i Lund 1819 och adjunct i astronomi och observator 1821. Det är vid denna tidpunkt han korresponderar med Örsted. Sedermera blev han professor i fysik i Stockholm och slutligen professor i matematik i Lund 1830. Han dog därstädes 1875. Det er huvudsakligen som matematiker han är känd, men hans verksamma ande har även beträtt många andra områden för intellektuellt skapande. Örsted säger själv tidigt om honom: »— — Herr Adjunkt Hill von Lund, von dem die Wissenschaft viel zu erwarten hat — —.«

Ännu leva i hans hemstad många anekdoter, som belysa såväl mannens originalitet som lärdom och distraktion. Men även inom sin vetenskap, matematiken, var han mycket originell och självständig. Han införde nya symboler för sina många självuttänkta opera-

Digitized by Google

tioner eller funktioner, och flera av hans digra arbeten, vare sig tryckta eller ännu vilande i manuskript, torde förbli oförstådda eller olästa av eftervärlden.

Fysik i Skolen.

Spektralforsøg med Lysbilledapparatet.
Na-Linjen »vendes om«.

Af Johs. Kofoed.

Maa jeg til at begynde med henlede Læserens Opmærksomhed paa min Artikel i Fys. Tidsskr. 1914—15 Side 120. I det følgende vilde jeg gerne give nogle Anvisninger paa, hvorledes de i nævnte Artikel omtalte Forsøg kan anstilles med færre Forberedelser, og i Særdeleshed vil jeg fortælle om det vigtige Eksperiment, hvorledes den gule Na-Linje kan »vendes om«. — Til Demonstration af Spektre anvender jeg nu ogsaa Lysbilledapparatet. Den i Art. omtalte Spalteaabning har jeg anbragt paa et firkantet Stykke Træ, der kan skydes ind paa Billedrammens Plads. Kondensorlinsesystemet udtages af Apparatet og Objektivet indstilles paa sædvanlig Maade til at give et skarpt Billede af Spalten. Jeg forudsætter, at man til Lyskilde anvender Buelampe med Haandregulering og vinkelstillede Kulstænger (lodret og vandret), og vil da, inden jeg tager fat paa Hovedspørgsmaalet, knytte et Par Bemærkninger til, hvad jeg skrev i nævnte Artikel. Det paa Side 122 afbildede Apparat kan ikke anbefales, Cigarrøg er langt lettere og behageligere at have med at gøre. Angaaende Buekul med »Væge« af forskellige Metaller til Spektralforsøg saa findes saadanne vistnok i Handelen, i alt Fald fremstiller, saa vidt jeg ved, Siemens og Halske Kulrør, som man selv kan fylde med passende Salte. I øvrigt kan man uden større Vanskelighed bore Gruber ned i almindelige Buekul, navnlig hvis disse indeholder Væge af et løsere Materiale. Til Demonstration af Kobberspektret anvender jeg en ca. 5 mm tyk Kobberstang og en godt dobbelt saa tyk (13 mm) Kulstang; den sidste skal være Anode men staa lodret, medens den vandrette tynde

Digitized by Google

Kobberstang er Katode og vender frem efter. Man opnaar herved, 1) at der dannes en Mængde stærkt lysende Kobberdamp, 2) faar ingen Ulemper af nedflydende smeltet Kobber og 3) faar ingen eller kun svag »kontinuert« Baggrund, idet det stærkt hvidt lysende Krater kommer til at vende opad og bagud. Ønsker man at faa en stærkere kontinuert Baggrund kan man tage en tyndere Kulstang til Anode. Jernspektret faas paa lignende Maade.

Da Forsøget med Na-Linjen er af overordentlig stor Betydning, men tillige er et ret svært Forsøg, kunde jeg tænke mig, at det følgende vilde interessere en Del af Tidsskriftet Læsere. Jeg ved af dyrekøbt Erfaring, hvor umaadelig megen Tid, der kan medgaa til helt at mestre Forsøgets mange Momenter af tilsyneladende lunefuld Karakter. Hvad jeg omtaler i det følgende er fuldt ud gennemprøvet saaledes, at jeg er sikker paa, at enhver vil kunne gøre Forsøget efter. — Fig. 1 viser et Apparat, som jeg har lavet ud fra de Erfaringer, jeg har gjort. Jeg anvender til Bærer af de Asbeststrimler, der skal indeholde det til absorberende Na-Damp nødvendige NaCl, et tagformet Net af Jerntraad; Maskerne er ca. 8 mm i Kvadrat. Man bøjer det af et rektangulært Stykke 27 cm × 20 cm. Længden er 20 cm. Som Fig. 1 viser er Nettet indad- og opadbøjet i en Bredde af ca. 2—3 cm forneden. Det er Meningen, at disse opadbøjede »Tagskæg« skal danne Leje for de to Strimler med NaCl. »Gavlvinklen« skal være ret spids. Flammen fra Teclulampen med Spreder skal lige kunne knibe sig gennem Spalten mellem de to »Tagskæg« med NaCI. Som man ser af Fig. 1, kan de enkelte Deles indbyrdes Stilling varieres paa alle mulige Maader, og det er nødvendigt, da det har vist sig, at en ubetydelig Flytning af Lampe eller Net kan medføre store Forandringer.

Fig. 2 viser Opstillingen i sin Helhed. Til venstre Lysbilledapparatet med Lampe, Spalte og Objektiv, i Midten det nylig omtalte Apparat og et Svovlkulstofprisme (i Hovedstillingen) og til højre Skærmen, paa hvilken man indstiller til skarpt Billede. Det er absolut nødvendigt, at Indstillingen foretages saa godt som tænkeligt; Spalterandene maa tegne sig skarpe og ufarvede paa den hvide Skærm. Ved at betragte den altid let støvede Forside af Objektivet, vil man kunne se, om Lysbundtet fra Spalten har den rigtige

Digitized by Google

Retning; Støvlaget skal være oplyst langs en lodret Diameter, er det ikke det, maa Buens Stilling ændres.

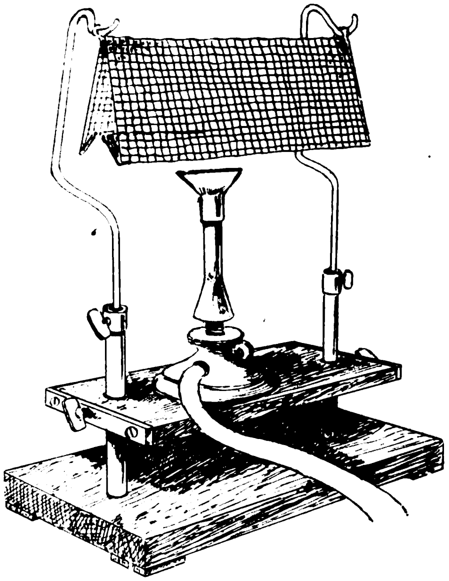


Fig. 1.

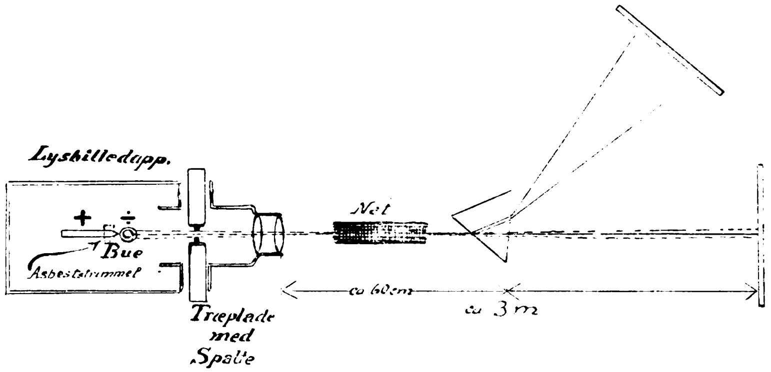


Fig. 2.

Den til Lysbilledapparater almindeligst anvendte Buelampe vil Læseren kunde finde Afbildninger af i Katalogerne fra saa at sige alle Leverandører af fysiske og optiske Apparater m. m. Det er »en

Digitized by Google

lille lethandlelig Buelampe med vandret Overkul, hvorved Lyspunktet altid er konstant. Reguleringen af begge Kul sker ved eet Spindeldrev. *Naar en lille Vægtstang lægges om, bevæges kun Overkullet.* Lampen kan anvendes baade paa Lige- og Vekselstrøm ved 5 og 10 Amp.« (citeret efter Richters Katalog, Udhævelsen er min). Til almindeligt Brug lader man Overkullet være det tykkeste, men under de følgende Forsøg er dette Forhold ændret.

I Buelampen indsættes Homogenkul. Som Overkul (*vandret Anode*) anvendes en ca. 6 mm tyk Kulstang medens det lodrette Kul er ca. 13 mm tykt. Lampen tændes, og Lysbundtet gøres synligt med Cigarrøg. Man indstiller Nettets Højde saaledes, at Lysbundtet næsten strejfer Asbeststrimlernes Overkanter i hele deres Længde og saaledes, at Straalernes Krydsningspunkt omtrent ligger midt i Nettet. Teclulampens Spreders Overkant skal med en Flammehøjde af ca. 10—13 cm være ca. 4 cm under Lysbundtet. Naar Nettet er gennemvarmet, og Buelampen brænder godt, fremkommer der en »kulsort« Na-Linje paa kontinuert Baggrund. Skulde det ikke ske, drysser man Salt i Nettet og prøver at ændre Lampens Stilling. Det

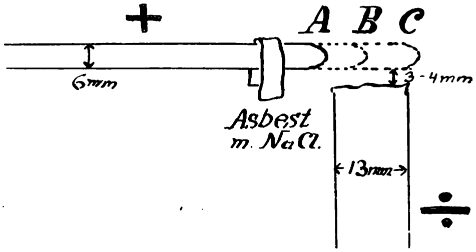


Fig. 3.

plejer da at være let at faa omtalte Absorptionslinje frem. Vanskeligere er det at faa den sorte Linje ændret til gul og omvendt. Men det kan med Sikkerhed gøres saaledes. Man afstudser det negative Kul, saaledes at Overkanten er nogenlunde vandret (se Fig. 3) og lægger den tidligere omtalte Omstillingsvægtstang om, saaledes at kun Overkullet kan vandre frem og tilbage over Underkullet i en lodret Afstand af 3—4 mm fra dettes Overkant. Over Overkullet lægges en med NaCl mættet Asbeststrimmel (½ cm bred, 3—4 cm lang) bøjet

Digitized by Google

i Rytterfacon. Lampen tændes ved en Kulstang, der et Øjeblik stikkes ind i Mellemrummet mellem Anode og Katode.

A, B og C (se Fig. 3) skal antyde tre Stillinger af den positive Kulspids. Staar nu Net med Lampe parat til (ekstragod) Absorption, saa vil Lys udsendt fra Bue A give kraftigt »kontinuert«« Spektrum med sort Na-Linje, Bue B giver svag gul Linje paa middelstærk kontinuert Grund, og Bue C vil give stærk gul Na-Linje (eventuelt plus nogle enkelte andre lysende Linjer), medens Baggrunden forsvinder. Drejer man altsaa Overkullet frem og tilbage med jævn Fart, vil man kunne faa den sorte Linje til at blive gul og omvendt. Det kontinuerte Spektrums Forsvinden er af betydelig Interesse. Med Bue C er det komplet umuligt for selv det kraftigste Flammehav indenfor Nettet at absorbere den gule Linjes Lys. Men i en passende Stilling B (man erindre, at Asbestrytteren rider frem og tilbage med Overkullet) vil Na-Linjen være tilstrækkelig svag (men dog synlig nok) til at det kan lade sig gøre ogsaa paa en anden Maade at ændre gul Linje til sort og omvendt. Man flytter da bare Teclulampen bort fra Nettet, ind under Nettet, bort fra o. s. v. Den sidste Maade er muligvis den for Elever mest instruktive, men den er temmelig vanskelig at udføre. — Svovlkulstof er som bekendt meget brandfarligt, og da Svovlkulstofprismet er ret nær ved Gaslampen, bør man lægge en Tot pjaskvaadt Vat over Prismets Prop (denne er ikke altid helt tæt).

En Linses Brændvidde udtrykt ved Linsefladernes Radier.

Af Povl Jørgensen.

1. Er AB en Straale parallel med Linsens Akse OF, har vi ifølge Brydningsloven

$$\sin i = n \sin b. \qquad (1)$$

Anvendes Sinusrelationen paa $\triangle OBF$, faas endvidere

$$\frac{\sin i}{r + p} = \frac{\sin(i - b)}{r}$$

eller

Digitized by Google

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\sin(i - b)}{\sin i - \sin(i - b)}. \qquad (2)$$

Er $\angle i$ saa lille, at vi kan erstatte $\sin i$ med i og altsaa

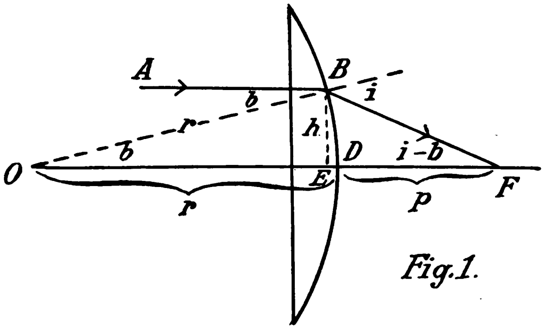


Fig. 1.

ogsaa $\sin b$ med b og $\sin(i - b)$ med $i - b$, gaar (1) og (2) over til henholdsvis

$$i = nb \qquad \text{og} \qquad \frac{1}{p} = \frac{1}{r} \cdot \frac{i - b}{b},$$

som giver

$$\frac{1}{p} = \frac{n - 1}{r}. \qquad (3)$$

For at undersøge, hvor stor Tilnærmelse Formel (3) giver, meddeles her nogle sammenhørende Værdier af Forholdene $\frac{h}{r}$ og $x = \frac{\sin(i - b)}{\sin i - \sin(i - b)}$, idet vi skulde have $x = n - 1 = 0{,}53$ naar $n = 1{,}53$.

i	b	$\frac{h}{r}$	x
5°	3,265°	$\frac{5{,}7}{100}$	0,532
6°	3,92°	$\frac{6{,}8}{100}$	0,532
7°	4,57°	$\frac{8}{100}$	0,533
8°	5,22°	$\frac{9}{100}$	0,5347

Digitized by Google

2. Ligesom enhver Straale $AB \mathrel{\#} OF$ (Fig. 1) vil brydes gennem F, maa omvendt enhver Straale fra F brydes i Retningen

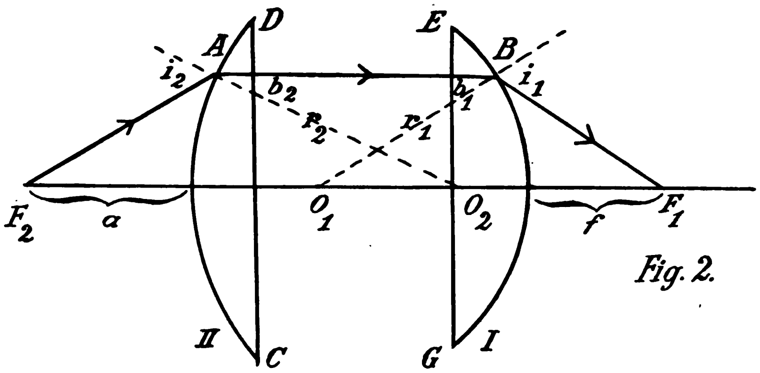


Fig. 2.

BA. Anbringes derfor to Linser, som Fig. 2 viser, faas af Formel (3), idet F_1 og F_2 er Brændpunkterne for I og II.

$$\frac{1}{a} = \frac{n-1}{r_2} \quad \text{og} \quad \frac{1}{f} = \frac{n-1}{r_1}$$

altsaa

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right). \tag{4}$$

Da Straalernes Gang bliver uforandret, hvis Linserne I og II skydes sammen til en Linse med Aksen F_1F_2, eller hvis Rummet $CDEG$ udfyldes med Glas af samme Brydbarhed som Linserne I og II, er F_1 Billedet af F_2 i den Linse, som begrænses af Fladerne DAC og EBG. Idet vi nu ved Forsøg har fundet, at $\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{p}$ (altsaa konstant) for alle Værdier af a og f, ses af (4), at

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right). \tag{5}$$

Fysik- og Kemilærerforeningen for Gymnasier og Seminarier.

I Begyndelsen af indeværende Aar er der bleven stiftet en Sammenslutning af Gymnasieskolernes og Seminariernes Fysik- og Kemilærere. Det foreløbige Program for denne Sammenslutning indeholder bl. a. følgende Punkter:

1) Afholdelse af Møder med det Formaal dels at give Lærerne Lejlighed til at høre Foredrag af Videnskabsmænd over Emner fra den moderne naturvidenskabelige Forskning dels Drøftelse mellem Lærerne indbyrdes af Spørgsmaal vedrørende Fysik- og Kemiundervisningen i Skolen.

2) Almindelig Varetagelse af Fysikkens og Kemiens Interesser som Skolefag f. Eks. ved eventuelle Skolereformer.

3) En tilfredsstillende og ensartet Ordning med Hensyn til Lærernes Arbejde udenfor Skoletiden med Samlinger og Laboratorier.

Til at forberede Foreningens Virksomhed og den konstituerende Generalforsamling er undertegnede Udvalg bleven valgt ved Afstemning blandt Medlemmerne. Udvalget har derefter suppleret sig med Lektor Ring, Viborg.

Vi opfordrer de Lærere, som endnu ikke er Medlemmer, til at indmelde sig hos undertegnede Formand for Udvalget, Lektor H. C. Christiansen, Borgerdydskolen, København Ø.

H. C. Christiansen,	L. Christiansen,	H. Jepsen,
Lektor,	Lektor,	Seminarielærer,
København.	Ribe.	Silkeborg.

Eksamensopgaver.

1. Del af polyteknisk Eksamen 1920.

Fysik I.

Opgave 1 løses af alle, mens der er frit Valg mellem Opgave 2 og Opgave 3. K. Prytz: Fysiske Maalemetoder, 2. Udgave, og en fireciffret Logaritmetabel skal medtages.

Digitized by Google

1. En Beholder med Luft er forbunden med et Kvægsølvmanometer, hvor Trykhøjden er $h_1 = 1555,00$ mm. Samtidig med denne Højde aflæses Barometerhøjden $h_2 = 769,01$ mm i et Barometer, hvis frie Kvægsølvoverflade ligger i en Højde $H = 10,4$ m over Manometrets. Kvægsølvets Temperatur er i Manometret $15^0,0$ C. og i Barometret $20^0,0$ C. Luftens Middeltemperatur gennem Højden H kan regnes lig 20^0 C. Med Brug af Tabellen S. 201 i Fysiske Maalemetoder findes Trykket i Beholderen med en Nøjagtighed af $^1/_{10}$ mm Kvægsølvhøjde.
2. To Beholdere A og B med Rumfangene v_1 og v_2 er indbyrdes forbundne ved et snævert Rør; de indeholder tør atmosfærisk Luft af Tryk p og har begge Temperaturer t^0 C. Idet A opvarmes til $t_1{}^0$, B til $t_2{}^0$ stiger Trykket til p_1. Der spørges om Størrelsen af p_1 og om Vægten af den Luftmængde, som er strømmet over fra A til B; $t_2 < t_1$.

   Idet Beholderen med Bibeholdelse af Temperaturene t_1 og t_2 forbindes med Atmosfæren, hvis Tryk er lig p, spørges der om Vægten af den Luftmængde, som vil strømme ud.

   Trykkene maales i mm Kvægsølvhøjde, Rumfangene i cm^3. Der ses bort fra Luftmængden i Forbindelsesrøret og fra Beholdernes Udvidelse. Eksempel $v_1 = v_2$.
3. Et Stativ, der staar paa en vandret Flade, er dannet af en vandret Stang AB, som bæres af fire lige Ben AC, AD, BE og BF, alle af samme Længde l. Benene er fæstede til Stangens Ender under rette Vinker med AB; de danner ved hver Ende af AB Vinklen $\alpha < 90^0$ med hinanden. Stangens Masse m kan betragtes som liggende jævnt fordelt i den rette Linie AB. Man ser bort fra Benenes Masser og Tykkelse.

   Stativet bringes til at hælde, idet det drejes en Vinkel $\varphi < \frac{1}{2}\alpha$ om Linien $DF \neq AB$. Idet det fra den derved givne Stilling slippes, vil Stangen falde; naar Punkterne C og E støder mod Fladen, vil Stativet dreje sig videre om CE som Akse; Stødet er uelastisk, og Støttepunkterne er hindrede i at glide. Med hvilken Vinkelhastighed vil Drejningen om CE begynde?

Løsninger.

1. h korrigeres til 1552,33. h_2 til 767,00. Trykket fra Lufthøjden H lig 0,93. Trykket i Beholderen lig 2320,3 mm Kvægsølvhøjde.

Digitized by Google

2. Trykket p_1 og den fra A til B overstrømmede Luftmængde findes ved at beregne Vægtmængden af Luften i hver af de to Beholdere baade før og efter Opvarmningen og udtrykke, at den samlede Vægtmængde er uforandret. Man finder, idet α er Luftens Udvidelseskoefficient og ϱ dens Vægtfylde ved 0^0 og 760 mm Tryk:

$$p_1 = \frac{(v_1 + v_2)(1 + \alpha t_1)(1 + \alpha t_2)}{[v_1(1 + \alpha t_2) + v_2(1 + \alpha t_1)](1 + \alpha t)} p$$

Den overstrømmende Luftmængdes Vægt findes lig:

$$\frac{\alpha \varrho v_1 v_2 (t_1 - t_2) p}{[(v_1(1 + \alpha t_2) + v_2(1 + \alpha t_1)] 760 (1 + \alpha t)}$$

Den udstrømmende Luftmængdes Vægt findes saaledes. Man beregner den samlede Vægt q_1 af Luften i de to Beholdere, naar Temperaturen er t_1 og t_2 og Trykket p_1, og Vægten q_2, naar Trykket bliver p, ved at der aabnes til Atmosfæren. Man finder da den søgte Vægt:

$$q_1 - q_2 = \frac{\alpha \varrho p}{760(1 + \alpha t)}\left(\frac{v_1(t_1 - t)}{1 + \alpha t_1} + \frac{v_2(t_2 - t)}{1 + \alpha t_2}\right)$$

3. Sætningen om Arbejde og levende Kraft giver, at Stangen AB faar Hastigheden

$$v = \sqrt{2gl\left[\cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right) - \cos\frac{\alpha}{2}\right]}$$

inden Punkterne C og E støder mod Fladen. Bevægelsesmængdens Moment om CE bliver det samme før og efter Stødet, da Stødkræfternes Moment om CE er Nul. Den søgte Vinkelhastighed bliver da lig

$$\cos\alpha \sqrt{\frac{2g\left[\cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right) - \cos\frac{\alpha}{2}\right]}{l}}$$

Digitized by Google

Fysik II.

To lige lange Ledningstraade AB og CD, af hvilke AB har Modstanden r_1, CD Modstanden r_2, bøjes i Halvcirkel og forbindes med hinanden, B med C og D med A, saa de danner en sluttet cirkelformet Kreds. I AB findes en elektromotorisk Kraft paa 4 Volt rettet fra A til B, og i CD en lige saa stor elektromotorisk Kraft, der gaar i samme Retning i Kredsløbet.

Angiv Retning og Størrelse af

a) Strømstyrkerne i Traadene

b) Spændingsforskellen mellem Traadenes Sammenføjningssteder

for nedenstaaende forskellige Tilfælde:

Tilfælde 1. $r_1 = r_2 = 5$ Ohm.

Tilfælde 2. $r_1 = 2$ Ohm, $r_2 = 8$ Ohm.

Hvorledes maa det magnetiske Felt være beskaffent, som kan frembringe de i Ringen ovenfor omtalte elektromotoriske Kræfter?

Hvor stor vil Spændingsforskellen være mellem de to Traadender, naar Kredsløbet er afbrudt ved det ene Sammenrøjningssted?

Tilfælde 3. Den sluttede Rings to Sammenføjningssteder forbindes med en tredie Ledningstraad, i hvilken der ikke findes nogen elektromotorisk Kraft, og hvis Modstand er 16 Ohm, $r_1 = r_2 =$ 5 Ohm.

Tilfælde 4. Som Tilfælde 3, men $r_1 = 2$ Ohm, $r_2 = 8$ Ohm.

I Tilfælde 3 og 4 beregnes desuden Strømstyrken i Forbindelsestraaden.

Løsninger.

Strømstyrkerne i AB og CD, regnet positive i de givne elektromotoriske Kræfters Retning, kaldes i_1 og i_2, Spændingerne ved A og B p_1 og p_2. Man har da i Tilfælde 1:

$$i_1 = i_2 = i, \quad 8 = 10i, \quad i = 0{,}8 \text{ Amp.}, \quad p_1 - p_2 + 4 = 5i,$$

hvoraf $p_1 - p_2 = 0$. Af $p_1 = p_2$ fremgaar forøvrigt af Symmetrien.

Tilfælde 2.

$$8 = 10i, \quad i = 0{,}8 \text{ Amp.}, \quad p_1 - p_2 + 4 = 2i = 1{,}6.$$

Det magnetiske Felts Beskaffenhed fremgaar af Ligningen

Digitized by Google

$$e = -10^{-8}\frac{dN}{dt},$$

hvor $e = 8$ Volt, altsaa $\frac{dN}{dt} = -8 \cdot 10^8$. Tænker man sig den cirkelformede Kreds tegnet saaledes, at AB udgør den øverste Halvdel af denne, skal med den valgte positive Retning Antallet af Induktionslinjer, der er rettet ind mod Tegningens Plan, formindskes med $8 \cdot 10^8$ i hvert Sekund, eller de modsat rettede forøges med samme Beløb. Desuden skal den ene Halvdel af Indutionsvariationen overskære AB, den anden Halvdel CD. Aabnes Kredsløbet, bliver Spændingsforskellen mellem Traadenderne lig Summen af de elektromotoriske Kræfter, altsaa 8 Volt.

Tilfælde 3. Som i Tilfælde 1 har man $p_1 - p_2 = 0$, altsaa bliver Strømmen i den tredje Ledning $i_3 = 0$.

Tilfælde 4. Idet i_3 regnes positiv fra A til B, har man de Kirchhoffske Ligninger:

$$i_2 = i_1 + i_3, \quad 4 = 2i_1 - 16i_3, \quad 4 = 8i_2 + 16i_3,$$

som giver

$$i_1 = \tfrac{20}{22}\text{ Amp.}, \quad i_2 = \tfrac{17}{22}\text{ Amp.}, \quad i_3 = -\tfrac{3}{22}\text{ Amp.}$$
$$p_1 - p_2 = r_3 i_3 = -\tfrac{48}{22}\text{ Volt.}$$

At i_3 findes negativ, betyder, at Strømmen gaar i r_3 fra B til A. Spændingen p_2 i B findes da at være større end Spændingen p_1 i A.

Studentereksamen i Maj—Juli 1920.

Skriftlig Fysik for Privatister.

Der ønskes en kortfattet Besvarelse af nedenstaaende Spørgsmaal. Besvarelserne skal forsynes med samme Nummer som de tilsvarende Spørgsmaal, hvis Ordlyd ikke behøver at gengives. — Tyngdens Acceleration regnes = 10 m.

1. En Kraft paa 1 Dyn virker paa et Legeme i 5 Sek. og giver det en Hastighed af 7 cm. Hvor stor er Legemets Masse?
2. En Sten kastes skraat opad fra et Punkt i 5 m Højde over Jorden under en Vinkel paa 30° med Horizontens Plan. Begyndelseshastigheden er 10 m og Stenen vejer 200 g. Hvad bliver Kaste-

Digitized by Google

vidden, og hvor stort et Arbejde har Tyngdekraften udført, naar Stenen naar Jorden? (Der ses bort fra Luftmodstanden.)

3. En Byrde vejer 50 kg og trækkes 10 m henad et vandret Underlag med jævn Hastighed; hvor stort et Arbejde er der udført, hvis Gnidningskoefficienten er 0,2? Hvort stort bliver Arbejdet, hvis Underlaget stiger 3 : 5, og hvor stort bliver det, hvis Legemets Hastighed under Opstigningen vokser fra 0—5 m?
4. I Enderne af en overalt lige tyk homogen Stang, der vejer 6 kg og er 4 m lang, er anbragt Vægtene 10 kg og 4 kg. Hvor skal Stangen understøttes for at være i Ligevægt?
5. En Stemmegaflel, Svingningstal 166, faar sin Tone forstærket af et Rør, der er lukket i den ene Ende og indeholder atmosfærisk Luft à 0^0; hvilke Længder kan Røret have?
6. 270 g Is à 0^0 anbringes i 1,6 kg Vand à 10^0. Hvad vil der ske med Isen, hvis der ingen Varmeudveksling finder Sted med Omgivelserne?
7. Hvad vil det sige, at en Linse er akromatisk?
   Hvoraf bestaar en akromatisk Samlelinse?
   Hvor bruges saadanne Linser?
8. Hvad forstaas ved en Stjernes Timevinkel?
   Hvad forstaas ved en Stjernes Højde?

   Hvilke omtrentlige Værdier har ved Foraarsjævndøgn disse Størrelser i København for Solen ved dens Opgang, Kulmination og Nedgang? Hvilke af disse Værdier vilde ændres, hvis Tiden forandredes til Efteraarsjævndøgn eller Iagttagelsesstedet til Marokko?
9. Angiv Dag, Dato og Klokkeslet efter Middeltid paa de tre Meridianer, der ligger 90^0 og 180^0 fra Greenwich Meridian, naar man paa denne Meridian skriver Torsdag den 8de April Kl. 5 Eftm.
10. Hvormange Erg, Kilogrammeter, Kilogramkalorier er en Kilowatttime?
11. En 50 Volts Buelampe har 1 Ohms Modstand og fordrer en Strøm paa 20 Ampère; den indskydes i et Ledningsnet paa 220 Volt; hvor stor skal Formodstanden være?
12. Hvad var det Hans Christian Ørsted opdagede i 1820?
13. Hvad forstaar man ved Jordmagnetismens Horizontalintensitet?

Digitized by Google

Løsninger.

Nr. 1: $^5/_7$ g. Nr. 2: 10 sin $60^0 = 8,65$ m, 1 kg/m. Nr. 3: 100 kg/m, 380 kg/m, 442,5 kg/m. Nr. 4: 0,6 m fra Midten. Nr. 5: $\frac{2p+1}{2}$ m (p et vilkaarligt helt Tal). Nr. 6: 200 g Is vil smelte. Nr. 10: $36 \cdot 10^{12}$ Erg, $36 \cdot 10^4$ kg/m, c. 843 Kilogramkal. Nr. 13: 7,5 Ohm.

Skriftlig Kemi.

Se Fysisk Tidsskrift d. Aarg. S. 100.

Anmeldelser.

Lorentz, Einstein, Minkowski: Das Relativitätsprinzip. Tredje forbedrede Oplag. B. G. Teubners Forlag. Leipzig og Berlin 1920. Pris heftet 8 Mark.

Det tredie Oplag af denne velkendte Samling af Afhandlinger, som har været grundlæggende for Relativitetsteoriens Tilblivelse, har vundet betydeligt derved, at Einsteins vigtigste Afhandlinger om den almindelige Relativitetsteori nu ogsaa har fundet Plads i den. Da denne Teori har været Genstand for Artikler i Fysisk Tidsskrift, vil det være tilstrækkeligt at nævne Titlerne af de fem Afhandlinger, som er kommet til i den nye Udgave.

Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes (1911). 9 Sider.

Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie (1916). 44 Sider.

Hamiltonsches Prinzip und allgemeine Relativitätstheorie (1916). 5 Sider.

Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie (1917). 10 Sider.

Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle? (1919). 6 Sider.

De tre sidstnævnte Afhandlinger er oprindeligt udkomne i Meddelelserne af Berliner Akademiet og har derfor indtil nu været vanskelig tilgængelige.

H. A. Kramers.

Digitized by Google

K. Fajans: Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. Sammlung Vieweg Heft 45. 115 S. Friedr. Vieweg u. Sohn. Braunschweig 1920. Pris heftet 4 Mark.

Bogen indledes med en kort historisk Oversigt over Udviklingen af Kendskabet til de radioaktive Stoffers radioaktive Egenskaber. Herunder er dog kun medtaget, hvad der er nødvendigt for Forstaaelsen af det følgende, som bestaar i en ret indgaaende Skildring af de Resultater, man i de sidste Aar er naaet til ved Studiet af de radioaktive Stoffers kemiske Egenskaber, et Studium, der, som Forfatteren fremhæver, har været meget vanskeligt paa Grund af de forsvindende Mængder, der findes af de allerfleste radioaktive Stoffer, men til Gengæld ogsaa allerede nu har givet en Række interessante Oplysninger, der har stor Betydning ikke alene for de radioaktive Stoffers Kemi, men for Kemien som Helhed.

Undersøgelserne tog Fart, da man gjorde Forsøg paa at indordne de radioaktive Stoffer i det periodiske System. Bestræbelserne førte til Opdagelsen af Fajans og Soddys Forskydningslov og af Isotoper, Stoffer med forskellig Atomvægt, men med samme kemiske Egenskaber. — Begge Opdagelser giver Fajans en indgaaende Omtale. Ved talrige Exempler vises det, hvorledes Forskydningsloven fører til en Klaring af Slægtskabsforholdene mellem radioaktive Stoffer, hvor der endnu herskede Usikkerhed, og til Opdagelsen af nye Stoffer. Og med stor Interesse læser man om de smukke Undersøgelser, der førte til Opdagelsen af de første Isotoper, nemlig de 3 Blyarter med Atomvægte henholdsvis 206,0, 207,2 og 208,1. Her antydes en Fremgangsmaade til Bestemmelse af den absolutte Alder af Jordlag med radioaktive Mineraler. At ogsaa almindelige ikke-radioaktive Grundstoffer kan være Isotoper, har Aston paavist ved en Metode, der omtales. Der findes dernæst en Skildring af den Rutherford-Bohrske Model af Atomets Bygning og af Rutherfords Spaltning af Kvælstofatomer. Til Slut kommer Fajans ind paa en Omtale af den Diskussion af Grundstofdefinitionen som Isotopteorien har ført med sig, en Strid, hvori Forfatteren tager bestemt Parti. For dem der paa en behagelig Maade ønsker at opnaa Overblik over Resultaterne af Radiumforskningen særlig den nyere Tids, kan Bogen i høj Grad anbefales. Den bærer overalt Præget af at være skrevet af en Mand med Overblik over det Omraade, han omtaler. Forf. har efter Anmelderens Mening været

Digitized by Google

heldig med at finde det centrale og forbigaa det mindre betydelige. Bogen er skrevet i et let læseligt Sprog, ganske populær, uden Beregninger. Men ogsaa de Fysikere, der i Forvejen kender Emnet, vil kunne have Glæde af Bogen paa Grund af dens Skildring af den kemiske Side af de radioaktive Stoffers Egenskaber i Modsætning til de gængse Beskrivelser, der holder sig til Stoffernes radioaktive Egenskaber.

Johs. Olsen.

R. Vater: Die Dampfmaschine. I og II. 4de og 2det Oplag. 108 og 101 Sider. Aus Natur und Geisteswelt 393 og 394. B. G. Teubners Forlag. Leipzig og Berlin 1918. Pris pr. Bd. indb. 1,50 Mark.

I indeholder en Beskrivelse af Vanddamps Egenskaber, dens Dannelse i Kedelen og dens Virkemaade i Cylinderen. II omhandler den nærmere Indretning af de Dele, hvoraf en Dampmaskine bestaar. Forfatteren paaviser de Mangler, der klæbede ved Dampmaskinen i dens oprindelige Form og omtaler de Fremgangsmaader, man har anvendt 1) for at forbedre Varmeudnyttelsen i Dampkedelen (Forvarmning af Fødevand, overhedet Damp) og 2) for at forbedre Udnyttelsen af Dampens Kraft i Cylinderen (Højtryks- og Lavtryksmaskiner). Dampmaskinens forskellige Udførelse efter den Brug, der skal gøres af den (Lokomobil, Lokomotiv, Skibsmaskine, Valsemaskine), omtales. De forskellige Typers Fordele og Mangler nævnes.

Der er overalt lagt Vægt paa den teknisk-økonomiske Side af Sagen. Bogen er skrevet i et let læseligt og meget klart Sprog, og Forklaringerne er saa elementære, at de kan forstaas uden særlige fysiske og tekniske Forudsætninger. Bogen kan anbefales enhver, der ønsker at faa et Indtryk af hvilken vidunderlig Tilpasningsevne, Dampmaskinen har vist sig i Besiddelse af, en Evne, der har ført den frem til den dominerende Plads, vi alle ved, den indtager i den moderne Teknik.

Johs. Olsen.

K. Prytz: Læren om faste Legemers Bevægelse. II. Jul. Gjellerups Forlag. København 1920. 145 Sider. Pris 8,75 Kr.

I 1918 udkom første Del af det Arbejde, hvoraf nu ogsaa anden Del foreligger. Første Del er anmeldt her i Tidsskriftet i Aarg. 1918

Digitized by Google

—19 og angaaende den principielle Behandling af det Stof, som tages op i anden Del, kan der gøres lignende Bemærkninger som til Behandlingen i første Del. Forfatteren har tilstræbt at føre Fremstillingen af Bevægelsesfænomenerne saa langt som muligt uden at anvende det vidtløftige matematiske Apparat, som man sædvanlig finder i Lærebøger i rationel Mekanik, og som han mener, og efter Anmelderens Mening med Rette, ofte overdækker selve den Sag, der skal behandles, naar Læseren ikke netop er særlig trænet i Anvendelsen af den analytiske Behandlingsmaade af Bevægelsesfænomenerne.

Som Forfatteren har vist, kan man naa til Forstaaelse af en Række vigtige Sætninger i Bevægelseslæren f. Eks. vedrørende Snurrefænomenerne ad synthetisk Vej, og der er derfor god Grund til at hilse Bogens Fremkomst med Glæde for dem, som kunde ønske at stifte Bekendtskab med de aktuelle Spørgsmaal angaaende Teorien for Snurrekompasset og lignende Anvendelser af Legemers Rotation.

Det Stof, som behandles i den foreliggende Bog er delvis en videre Udformning af det, som blev behandlet i første Del. Der begyndes med en Omtale af den relative Bevægelse og Udledelsen af Udtrykket for Coriolis Acceleration. Herunder omtales forskellige Bevægelsesforhold paa Jorden, som skyldes dennes Rotation. Derefter gives en Behandling af Translation og Rotation, disses Sammensætning og Opløsning, samt indføres Begrebet Bevægelsesmængdes Moment. Endvidere behandles Kræfters Sammensætning og fri og bundne Legemers Bevægelse under Paavirkning af Kræfter. Endelig findes i sidste Del af Bogen omtalt en Række Anvendelser af de Sætninger, som er udledt, særlig paa Snurrefænomenerne, men ogsaa paa Fænomener som Spidsprojektilets Bevægelse, leddede Systemers Hastighedsstivhed m. m.

Behandlingen af de forskellige Problemer ledsages af velvalgte Eksempler. Endvidere findes en Samling Opgaver og i Bogens Slutning en samlet Fremstilling af Sætninger om Vektorer.

Den anvendte Behandlingsmaade medfører, som omtalt, mange Fordele, men paa nogle Punkter maa man vel nok sige, at den analytiske Behandling falder naturligere, og den er da ogsaa af og til anvendt i sin elementæreste Form i Tilslutning til den synthetiske. Maaske kunde der have været Anledning til ogsaa at give en analytisk Fremstilling af Coriolis Acceleration. Den givne Behandling falder lidt tungt. Paa andre Punkter er der ved den benyttede Behandlings-

Digitized by Google

maade opnaaet en let og smuk Fremstilling f. Eks. ved Bestemmelsen af den instantane Akse og den elementære Bevægelse, ved Bestemmelsen af Spændingerne i et accelereret Legeme eller ved Diskussionen af den ved Tyngdekraften fremkaldte Præcessionsbevægelse af Snurren, hvor Tyngdekraften i en tilnærmet Fremstilling tænkes erstattet af lodrette Stød. Ved Behandlingen af Centralellipsoiden er dennes Egenskaber anført uden Bevis, formentlig for at forkorte Fremstillingen, som gennemgaaende er ret koncentreret. Undertiden vilde vist nok en lidt fyldigere Fremstilling have gjort det lettere for Læseren at følge den, og navnlig forekommer det mig, at de Resultater, som naas gennem Udviklingen, oftere end Tilfældet er, burde være sat i Spidsen af Kapitlerne, saa at Læseren straks var klar over, hvor Fremstillingen bar hen. Eksempelvis kommer Sætningen S. 51 om D-Momentet for et Legeme, hvis Tyngdepunkt er i Hvile, saa temmelig bag paa Læseren.

Det er mig ikke bekendt, i hvilket Omfang Forfatteren har tænkt sig Bogen anvendt ved Undervisningen i Fysik, men jeg gaar ud fra, at det er gennem sin Undervisning ved Polyteknisk Læreanstalt, at han har følt Savnet af en Fremstilling af Bevægelseslæren af den Art, som her foreligger, og jeg tror, at man altid med Udbytte vil kunne hente Impulser derfra ved Planlæggelsen af et videregaaende Kursus i Læren om faste Legemers Bevægelse, og for mange vil Bogen, uden at et vanskelig overkommeligt Arbejde er nødvendigt, kunne tjene til Belysning af praktiske Spørgsmaal, som staar i Forbindelse med den rationelle Mekanik.

J. P. Jacobsen.

Meddelelse fra »Tables Annuelles de Constantes et Données Numériques de Chimie, de Physique et de Technologie«.

Offentliggørelsen af Tables Annuelles de Constantes et Données Numériques er nu genoptaget og Bind IV, som indeholder Meddelelser fra Aarene 1913—1916 incl., er nu under Trykning. Bindet falder i 2 Dele, der hver indeholder ca. 600 Sider, d. v. s. omtrent det samme som de tidligere Bind. Den første Del begynder med Kapitlet »Kompressibilitet« og ender med Kapitlet »Optisk Drejning«. 2den Del begynder med Kapitlet »Elektricitet« og ender med »Metallurgi«.

1ste Del vil være færdig i Juni 1921 og 2den Del nogle Maaneder senere.

Digitized by Google

Man vil nu kunne abonnere paa Værket til følgende Priser (i franske francs):

1ste Del: hæftet 100 frs., indbundet 120 frs.

Hele Bindet: hæftet 200 frs., indbundet 240 frs.

For Medlemmer af alle kemiske Foreninger, der tilhører l'Union de la Chimie pure et appliquée og for videnskabelige og tekniske Sammenslutninger, som mindst een Gang har ydet Bidrag til Komiteen siden dens Grundlæggelse, vil Priserne være reducerede som følger:

1ste Del: hæftet 75 frs., indbundet 90 frs.

Hele Bindet: hæftet 150 frs., indbundet 180 frs.

Abonnenterne anmodes om at henvende sig til Generalsekretæren, M. Ch. Marie, 9 rue de Bagneux, Paris 6e.

Abonnenter, som samtidig med Abonnementet sender Betalingen, skal ikke betale Omkostningerne ved Indpakning og Porto.

Man anmodes om at indsende international Postanvisning eller Check, betalbar i Paris. Forsendelserne bør lyde paa M. Ch. Marie's Navn.

Komitéen henleder Opmærksomheden paa, at Subskriptionen slutter den 30. Juni. Efter denne Dag vil Reduktionen for Medlemmer af Foreninger ikke kunne opretholdes.

Komitéen henleder ligeledes Opmærksomheden paa, at der foreligger et Antal Eksemplarer af Bind 1, 2 og 3. Disse Bind kan bestilles hos Generalsekretæren.

Priserne er endnu: Hæftet 32 frs. Indbundet 36 frs.

Disse Priser vil blive forhøjede efter den 30. Juni.

Videnskabsmænd eller Teknikere, som inden Subskriptionen ønsker Oplysninger om Tabellerne, bedes tilskrive Generalsekretæren for den internationale Komité: Generalsekretær C. Marie.

For den internationale Komité:

C. Marie, Generalsekretær.

J. N. Brønsted, Dansk Medlem af Komitéen.

Digitized by Google

Atomernes Bygning og Stoffernes fysiske og kemiske Egenskaber *).

Af N. Bohr.

De Forestillinger om Atombygningen, som jeg i Aften skal forsøge at udvikle for Dem, har jeg i Hovedtræk allerede antydet i et Foredrag her i Fysisk Forening for omtrent et Aar tilbage. I Mellemtiden har disse Forestillinger imidlertid antaget fastere Former, og i to Breve til »Nature«, offentliggjort for nogle Maaneder siden, har jeg skitseret Teoriens nærmere Udformning. De Resultater, jeg skal forelægge for Dem, har vel ikke nogen afsluttet Karakter, men jeg haaber at kunne give Dem et Indtryk af, hvorledes det synes muligt ud fra de omhandlede Forestillinger om Atombygningen at belyse Sammenhængen mellem Stoffernes forskellige Egenskaber paa en Maade, der tillader at komme ud over visse Vanskeligheder, som hidtil tilsyneladende har stillet sig i Vejen for en simpel, sammenhængende Fortolkning af disse Egenskaber. Jeg maa paa Forhaand bede om Overbærenhed, dersom jeg i Foredragets første Halvdel kommer til at omtale adskillige Ting, der turde være mange af Dem velkendte; men for at føre Dem ind i den Tankebygning, det drejer sig om, bliver jeg nødt til først kort at omtale nogle af de vigtigste Resultater, som man er naaet til ved Arbejdet med Atomspørgsmaalene i Løbet af de senere Aar.

Det Billede af Atomet, som jeg skal lægge til Grund for alt det følgende, er det saakaldte K e r n e a t o m, efter hvilket man forestiller sig, at et Atom bestaar af en Kerne omgivet af et Antal Elektroner, hvis Afstande fra hinanden og fra Kernen er meget store i Forhold til Partiklernes egne Dimensioner. Kernen besidder næsten

*) Foredrag holdt i Fysisk Forening Tirsdag d. 18. Oktober 1921.

Digitized by Google

hele Atomets Masse og en positiv elektrisk Ladning af en saadan Størrelse, at Antallet af Elektroner i et neutralt Atom er lig det paagældende Grundstofs Nummer i det periodiske System, det saakaldte Atomnummer. Dette Billede af Atomet, til hvilket man som bekendt er naaet væsentlig gennem Rutherford's grundlæggende Undersøgelser over radioaktive Stoffer, fremviser overordentlig simple Træk, men netop denne Simpelhed rummer i første Øjeblik tilsyneladende Vanskeligheder for en Forklaring af Stoffernes Egenskaber. Hvis vi behandler dette Spørgsmaal ud fra vore sædvanlige Begreber om Mekanik og Elektrodynamik, er det nemlig ikke muligt i dette Billede at finde Udgangspunkter for en Forklaring af de udprægede Egenskaber, som de forskellige Stoffer besidder, ja ikke engang for Stoffernes Bestandighed. Paa den ene Side vil der øjensynligt ikke eksistere stabile Ligevægtstilstande af Atomets Partikler, paa den anden Side maa vi vente, at enhver Bevægelse, der kunde komme i Betragtning, vilde give Anledning til en Udsendelse af elektromagnetisk Straaling, der ikke vilde høre op, før hele Systemets Energi var udstraalet og alle Elektronerne faldne ind i Kernen. En Udvej til at komme ud over disse Vanskeligheder har man imidlertid fundet ved Benyttelse af Forestillinger hentede fra den saakaldte Kvanteteori, hvortil Grunden blev lagt ved Planck's berømte Arbejder over Varmestraalingsloven, og som betegner et afgørende Brud med tidligere Forestillinger, idet der for første Gang ved Formuleringen af almindelige Naturlove indførtes Antagelser om Optræden af Diskontinuiteter.

I den Form for Kvanteteorien, i hvilken den har fundet Anvendelse paa Spørgsmaalet om Atomernes Bygning, hviler den paa to Postulater, der netop tager Sigte paa de ovenfor berørte Vanskeligheder. Efter det første Postulat findes der visse særegne Tilstande af Atomet, i hvilke dette kan eksistere uden Udsendelse af Straaling til Trods for, at Partiklerne tænkes at befinde sig i accelereret Bevægelse i Forhold til hinanden. Disse saakaldte stationære Tilstande antages endvidere at besidde en særegen Stabilitet af en saadan Art, at det ikke er muligt at tilføre eller fratage et Atom Energi undtagen ved en Proces, der bestaar i en Overførelse af Atomet til en anden af disse Tilstande. Efter det andet Postulat vil enhver Straaling, der udsendes fra Atomet, og som altsaa skal tænkes at være knyttet til en Overgangsproces mellem to stationære Tilstande, altid

Digitized by Google

bestaa af en Rækkefølge af rent harmoniske Bølger. Svingningstallet for disse Bølger afhænger ikke direkte af Atomets Bevægelse, men er bestemt af den saakaldte Frekvensbetingelse, hvorefter Svingningstallet multipliceret med den af Planck indførte universelle Konstant er lig med den totale ved Processen udstraalede Energi. For en Overgang mellem to stationære Tilstande, for hvilken Atomets Energi før og efter Udstraalingsprocessen er henholdsvis E' og E'' har man saaledes

$$h\nu = E' - E'', \tag{1}$$

hvor h er Plancks Konstant og ν Svingningstallet for den udsendte Straaling. Tiden vil ikke her tillade mig at give en systematisk Fremstilling af Kvanteteorien, hvis senere Udvikling er gaaet Haand i Haand med dens Anvendelse paa Atombygningen; jeg skal derfor straks gaa over til at betragte de Anvendelser af Teorien, der har direkte Betydning for de i det følgende omhandlede Spørgsmaal.

* *
*

Vi skal da begynde med at se paa det simplest tænkelige Atom, der blot bestaar af en Kerne og en Elektron. Dersom Kernens Ladning svarer til en enkelt Elektrons Ladning, og Systemet altsaa er neutralt, har vi at gøre med et Brintatom, og den nøjere Udformning af Anvendelsen af Kvanteteorien paa Atombygningen har netop taget sit Udgangspunkt i Redegørelsen for det bekendte simple Spektrum, som udsendes fra Brint. Dette Spektrum bestaar af en Række Spektrallinier, for hvilke Svingningstallet er givet ved den overordentlig simple saakaldte Balmerske Formel

$$\nu = K\left(\frac{1}{(n'')^2} - \frac{1}{(n')^2}\right), \tag{2}$$

hvor n' og n'' er to hele Tal. Efter Kvanteteorien tænker vi os nu, at Atomet besidder en Række stationære Tilstande karakteriserede ved Rækken af hele Tal, og vi ser, hvorledes de ved Formel (2) givne Svingningstal fremgaar af Frekvensbetingelsen, dersom vi antager, at en Brintlinie svarer til en Straaling, der udsendes ved en Overgang imellem to af disse Tilstande karakteriserede ved Tallene n' og n'',

Digitized by Google

og dersom vi antager, at Energien i den *n*te Tilstand paa nær en vilkaarlig Konstant er givet ved

$$E_n = -\frac{hK}{n^2}. \tag{3}$$

Benyttelsen af det negative Tegn hænger sammen med, at Atomets Energi simplest maales ved det Arbejde, der skal til for at fjerne Elektronen til en uendelig Afstand fra Kernen, og vi skal antage, at den numeriske Værdi af Udtrykket paa højre Side af Formel (3) netop er lig med dette Arbejde.

Hvad den nærmere Beskrivelse af de stationære Tilstande angaar, finder vi, dersom vi ser bort fra Kernens Medbevægelse, at Elektronen med meget stor Tilnærmelse vil beskrive en Ellipse med Kernen i det ene Brændpunkt. Storaksen af denne Ellipse hænger paa simpel Maade sammen med Atomets Energi, og svarende til de ved Ligning (3) givne Energiværdier af de stationære Tilstande finder vi en Række Værdier for Elektronbanens Storakse $2a$ givne ved

$$2a_n = \frac{n^2 e^2}{hK}, \tag{4}$$

hvor e er den numeriske Værdi af Elektronens og Kernens Ladning.

Sammenfattende kan vi sige, at Brintspektret belærer os om den Maade, hvorpaa Brintatomet dannes, idet de stationære Tilstande tør betragtes som forskellige Stadier af en Proces, ved hvilken Elektronen under Udsendelse af Straaling bindes i Baner af mindre og mindre Dimensioner, svarende til Tilstande med aftagende Værdier for n. Det vil ses, hvorledes dette Billede har visse Træk tilfælles med Bindingsprocessen mellem Elektron og Kerne, saaledes som det maatte ventes efter den sædvanlige Elektrodynamik; men at vort Billede afviger fra den sidstnævnte paa en Maade, som gør det muligt at gøre Regnskab for Brintens iagttagne Egenskaber. Specielt ser vi, hvorledes Bindingsprocessens Slutresultat fører til en ganske bestemt Tilstand af Atomet, nemlig den stationære Tilstand, for hvilken $n = 1$. Denne Tilstand, der svarer til Atomets mindste Energiindhold, skal i det følgende betegnes som Atomets N o r m a l t i l s t a n d. Det kan allerede her bemærkes, at de Værdier for Atomets Energi og Elektronbanens Storakse, som man finder, dersom man i Formlerne (3) og (4) sætter

Digitized by Google

$n = 1$, har samme Størrelsesorden som de Værdier for Fastheden af Elektronbindinger og for Atomdimensioner, som man har udledt af Undersøgelser over Luftarters elektriske og mekaniske Egenskaber. Om en nøje Prøvelse af Formlerne (3) og (4) ved en saadan Sammenligning er der dog ikke Tale, fordi Brint under de Forhold, hvorunder saadanne Undersøgelser kan udføres, ikke optræder som enkelte Atomer, men som Molekyler, i hvilke Atomerne er parvis sammensluttede i indgribende Vekselvirkning.

Kvanteteoriens formelle Grundlag bestaar nu imidlertid ikke alene i Frekvensbetingelsen, men ogsaa i Betingelser der tillader at bestemme de stationære Tilstande for Atomsystemer, og som ligesom Frekvensbetingelsen kan opfattes som naturlige Generalisationer af de Antagelser om Vekselvirkningen mellem simple elektrodynamiske Systemer og et omgivende elektromagnetisk Straalingsfelt, der ligger til Grund for Plancks Varmestraalingsteori. Jeg skal ikke her komme nærmere ind paa disse Betingelsers Art, men blot sige, at de stationære Tilstande gennem dem karakteriseres ved et Antal hele Tal, de saakaldte Kvantetal. For en simpel periodisk Bevægelse, som den vi har antaget i Brintatomet, indgaar der i Fastlæggelsen af de stationære Tilstande kun eet Kvantetal. Dette fastlægger Atomets Energi og dermed Elektronbanens Storakse, men ikke Graden af dennes Ekscentricitet og derfor ikke Banens Form. Den nærmere Beregning giver, at Energien i de forskellige Tilstande vil være bestemt ved Udtrykket

$$E_n = -\frac{2\pi^2 N^2 e^4 m}{n^2 h^2}, \tag{5}$$

hvor $-e$ og m er henholdsvis Elektronens elektriske Ladning og dens Masse, og hvor vi for de følgende Anvendelsers Skyld har betegnet Kernens Ladning med Ne. Det hele Tal n er Kvantetallet, der karakteriserer de forskellige Tilstande.

For Brintatomet er $N = 1$, og Sammenligning med Ligning (3) fører til det følgende teoretiske Udtryk for Konstanten K i Formel (2):

$$K = \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^3}, \tag{6}$$

hvilket Udtryk indenfor den Nøjagtighed, hvormed de indgaaende Størrelser kan bestemmes, har vist sig at stemme overens med den

Digitized by Google

empiriske Værdi for Konstanten i Brintspektret. Dersom vi i den ovenstaaende Formel sætter $N = 2$, svarende til et Atom bestaaende af en Elektron, der bevæger sig om en Kerne med dobbelt Ladning, faar vi en Værdi for K, der er fire Gange saa stor som den for Brintspektret. For det Spektrum, der skulde udsendes under Dannelsen af et saadant Atom, faar vi derfor følgende Udtryk:

$$\nu = 4K\left(\frac{1}{(n'')^2} - \frac{1}{(n')^2}\right). \tag{7}$$

Denne Formel fremstiller visse Linier, som i længere Tid har været kendt, og som man tidligere paa Grund af den store Lighed mellem Formlerne (2) og (7) har tilskrevet Brint, fordi man aldrig havde iagttaget, at to forskellige Stoffer kunde vise Egenskaber, der lignede hinanden saa meget. Vi maa imidlertid efter Teorien vente, at Formel (7) fremstiller et Spektrum. som under visse Omstændigheder kan udsendes fra Helium, idet et Heliumatom, der har mistet en Elektron, netop bestaar af en Kerne med dobbelt Ladning og en Elektron. Denne Opfattelse har ogsaa vist sig at stemme overens med senere Erfaringer, og bl. a. har det været muligt at frembringe det omhandlede Spektrum i ren Helium. Jeg har opholdt mig ved dette Punkt for at vise, hvorledes denne nøje Forbindelse mellem to Grundstoffers Egenskaber, som i første Øjeblik kunde synes overraskende, er at betragte som et umiddelbart Udtryk for den for Kerneatomet karakteristiske, simple Bygning. Kort Tid efter Klarlæggelsen af det omhandlede Spørgsmaal fik man imidlertid nyt Vidnesbyrd af overordentlig Interesse om en saadan Lighed mellem Grundstoffernes Egenskaber, nemlig gennem Moseleys grundlæggende Arbejder over Stoffernes Røntgenspektre. Som velkendt fandt Moseley, at disse Spektre varierer paa overordentlig simpel Maade, naar man indenfor det periodiske System gaar fra Stof til Stof. Røntgenspektrenes Linier kan, som bekendt, deles i Grupper, og for den stærkeste Linie i den saakaldte K-Gruppe, der omfatter de mest gennemtrængende Røntgenstraaler, som et givet Stof kan udsende, naar det udsættes for Bombardement af Katodestraaler, fandt Moseley, at Svingningstallet for alle undersøgte Stoffer kunde udtrykkes ved Hjælp af en Formel, der med en ringe Forenkling kan skrives

Digitized by Google

$$\nu = N^2 K \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right), \qquad (8)$$

hvor K er den samme Konstant som i Brintspektret, og hvor N er Nummeret af det paagældende Element i det periodiske System. Denne Opdagelses store Betydning var først og fremmest, at den førte til almindelig Anerkendelse af den Antagelse, at dette saakaldte Atomnummer netop var lig Antallet af Elektroner i det paagældende Stofs Atomer, en Antagelse der allerede tidligere var lagt til Grund for Arbejder over Atombygningen, og som først var udtalt af van den Broek. Medens man straks var klar over denne Side af de Moseleyske Resultaters Betydning, har det paa den anden Side været vanskeligere tilfulde at forstaa den ganske overordentlige Lighed med Brintspektret, som Røntgenspektrene ifølge disse Resultater udviser. Denne Lighed fremtræder ikke alene for Linierne i K-Gruppen, men ogsaa for Grupperne af mindre gennemtrængende Røntgenstraaler. Saaledes fandt Moseley, at Svingningstallene for den stærkeste Linie i den saakaldte L-Gruppe for alle undersøgte Stoffer kunde angives ved en Formel, der med en Forenkling svarende til den, der er indført i Formel (8), kan skrives

$$\nu = N^2 K \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right). \qquad (9)$$

I begge Tilfælde faar vi saaledes et Udtryk for Svingningstallet, der svarer til en Linie i et Spektrum, der vilde udsendes under en Elektrons Binding af en Kerne med Ladning Ne.

Denne Lighed imellem Bygningen af Røntgenspektrene og Brintspektret blev yderligere uddybet paa overordentlig interessant Maade af Sommerfeld gennem hans betydningsfulde Udvidelse af Teorien for Brintspektret. Den ovenfor omtalte Fastsættelse af Energien i de stationære Tilstande af Brintsystemet, hvor hver Tilstand er mærket ved et enkelt Kvantetal, hviler paa den Antagelse, at Elektronens Bane i Atomet er rent periodisk. Dette gælder imidlertid kun med Tilnærmelse. Det viser sig nemlig, at Banen, naar man tager den Ændring, som Elektronens Masse undergaar med Hastigheden, i Betragtning, ikke bliver en simpel Ellipse, men at Elektronbanen der-

Digitized by Google

imod kan beskrives som en Centralbevægelse fremkommen ved en Overlejring af en jævn langsom Drejning paa en rent periodisk Bevægelse i en Bane, der kun afviger meget lidt fra en Ellipse. For en saadan Centralbevægelse vil de stationære Tilstande være karakteriseret ved to Kvantetal. Af disse kan dog i det her betragtede Tilfælde det ene vælges saaledes, at det med stor Tilnærmelse bestemmer Atomets Energi, paa samme Maade som det tidligere benyttede Kvantetal antoges at bestemme Energien under den Antagelse, at Elektronbanen i Brintatomet var en simpel Ellipse. Dette Kvantetal, som vi stadig skal kalde n, skal vi derfor betegne som »Hovedkvantetallet«. Foruden denne Bestemmelse, der med stor Tilnærmelse fastlægger Storaksen i den roterende næsten elliptiske Bane, vil for en Centralbane de stationære Tilstande være underlagt endnu en Betingelse, der udsiger, at Momentet af Elektronens Bevægelsesmængde omkring Centret, det saakaldte Impulsmoment, er lig med et helt Multiplum af Plancks Konstant divideret med 2π. Det hele Tal, der optræder som Faktor til denne Størrelse, kan betragtes som det andet Kvantetal og skal betegnes ved k. Denne sidstnævnte Betingelse bestemmer i det her betragtede Tilfælde Ekscentriciteten af den roterende næsten elliptiske Bane nærmere. Det kan i denne Forbindelse bemærkes, at den mulige Betydning af Impulsmomentet i Kvanteteorien var fremhævet af Nicholson allerede før den første Anvendelse af denne Teori paa Brintspektret, samt at en lignende Fastsættelse af de stationære Tilstande for et Brintatom som den af Sommerfeld benyttede omtrent samtidig var foreslaaet af Wilson, uden at denne dog opnaaede at give en fysisk Fortolkning af sine Resultater.

Den simpleste Beskrivelse af Formen af den roterende, næsten elliptiske Elektronbane i Brintatomet faas ved at betragte den paa Storaksen vinkelrette Korde gennem Brændpunktet, den saakaldte Parameter. Længden af denne Parameter vil nemlig med stor Tilnærmelse være givet ved et Udtryk, der har ganske samme Form som Udtrykket for Storaksen, blot med den Forskel, at n er ombyttet med k. Med de samme Betegnelser som i det foregaaende har vi saaledes

$$2a = n^2 \frac{h^2}{2\pi^2 Ne^2 m}, \quad 2p = k^2 \frac{h^2}{2\pi^2 Ne^2 m}. \tag{10}$$

Digitized by Google

For hver af de stationære Tilstande, som vi tidligere havde karakteriseret ved en given Værdi af n, faar vi derfor et Sæt af n Tilstande svarende til Værdier for k fra 1 til n. Ved at tage Hensyn til Elektronmassens Afhængighed af Hastigheden fandt Sommerfeld nu for Energien i de stationære Tilstande, i Stedet for den simple Formel (5), et mere kompliceret Udtryk, som afhænger saavel af n som af k, og som med Tilnærmelse kan skrives

$$E_{n,k} = -\frac{2\pi^2 N^2 e^4 m}{n^2 h^2}\left[1 + \frac{4\pi^2 N^2 e^4}{h^2 c^2}\left(-\frac{3}{4n^2} + \frac{1}{nk}\right)\right]. \tag{11}$$

Idet det andet Led indenfor Parentesen er meget lille, faar vi, svarende til enhver af de ved den enkle Formel (5) givne Energiværdier for de stationære Tilstande af Brintatomet, n Værdier, der kun afviger meget lidt fra hinanden. Ved Anvendelse af den almindelige Frekvensbetingelse (1) faar vi saaledes for enhver Brintlinie, givet ved den simple Formel (2), et Antal Svingningstal, der er meget nær lige store. Sommerfeld kunde nu vise, at Beregningen virkelig stemte overens med Maalingerne af Komponenterne i den saakaldte Finstruktur af Brintlinierne, der iagttages, naar Brintspektret undersøges med Spektrografer med meget stor Opløsningsevne. Denne Overensstemmelse gjaldt ikke alene for Brintliniernes Finstruktur, hvor Maalinger paa Grund af Komponenternes overordentlig nære Beliggenhed er meget vanskelige, men navnlig var det muligt i Enkeltheder at gøre Regnskab for Finstrukturen af de ved Formel (7) givne Heliumlinier, som har været meget nøje undersøgt af Paschen. I Forbindelse med denne Teori gjorde Sommerfeld nu opmærksom paa, at den samme Formel (11) ogsaa tillod en Anvendelse paa Røntgenspektrene, idet han kunde vise, at der saavel i K- som L-Grupperne optraadte Liniepar, hvis Svingningstals Differenser ved Hjælp af Frekvensbetingelsen med Tilnærmelse kunde bestemmes ud fra dette Udtryk for Energien i de stationære Tilstande, svarende til en Elektrons Binding af en Kerne med Ladning Ne.

Trods den store formelle Lighed mellem Røntgenspektrene og Brintspektret, som disse Resultater aflægger Vidnesbyrd om, maa der

Digitized by Google

dog antages at være en dybtgaaende Forskel imellem de Processer, der giver Anledning til Fremkomsten af de nævnte Typer af Spektre. Medens Udsendelsen af Brintspektret ligesom Udsendelsen af de sædvanlige optiske Spektre af andre Stoffer maa antages at være knyttet til en Proces, hvorved en Elektron indfanges og bindes af Atomet, viser Iagttagelser over Frembringelsen og Absorptionen af Røntgenspektre paa tydelig Maade, at disse Spektre er knyttet til en Proces, hvorved et færdigt dannet Atom reorganiseres efter en Forstyrrelse i dets Indre, frembragt ved Indgreb af ydre Kræfter. Vi maa saaledes tænke os, at Røntgenspektrenes Fremkomst ikke alene bestemmes af den direkte Vekselvirkning mellem en enkelt Elektron og Atomkernen, men at den er paa det nøjeste forbunden med den Maade, hvorpaa Elektronerne i det færdigt dannede Atom er bundet.

Ved Betragtning af dette sidste Problem besidder vi en Ledetraad af største Værdi i den ejendommelige Maade, hvorpaa mange af Stoffernes Egenskaber varierer med Atomnummeret, og som finder sit Udtryk i Grundstoffernes saakaldte periodiske System. Til Brug for det følgende er en simpel Oversigt over dette System givet i Tabellen paa næste Side. Tallene ud for ethvert Grundstof betegner Atomnummeret, og Stofferne indenfor de forskellige Rammer udgør som angivet Systemets »Perioder«, indenfor hvilke de kemiske Egenskaber varierer paa den velkendte karakteristiske Maade.

For at opnaa en Forstaaelse af denne ejendommelige Lovmæssighed, ligger det nær at antage en udpræget Gruppedeling af Elektronerne i Atomet, paa en saadan Maade, at Gruppeordningen af Grundstofferne i det periodiske System tilskrives disse Elektrongruppers gradvise Udformning med stigende Atomnummer. En Gruppedeling af Elektronerne i Atomet har da ogsaa været et Hovedtræk i alle nøjere udformede Forestillinger om Atombygningen, lige fra J. J. Thomsons berømte Forsøg paa en Fortolkning af det periodiske System paa Grundlag af en Undersøgelse af forskellige Elektronkonfigurationers Stabilitetsforhold. Skønt det Billede af Atomet, Thomson benyttede, ikke er foreneligt med vore siden vundne Erfaringer, har hans Arbejde paa Grund af de mange originale Tanker, der er nedlagt deri, øvet stor Indflydelse paa den senere Udvikling af Atomteorien.

Med Benyttelsen af de Oplysninger om Elektroners Binding af

Digitized by Google

I PERIODE

1	Brint
2	Helium

II PERIODE

3	Lithium
4	Beryllium
5	Bor
6	Kulstof
7	Kvælstof
8	Ilt
9	Fluor
10	Neon

III PERIODE

11	Natrium
12	Magnium
13	Aluminium
14	Silicium
15	Fosfor
16	Svovl
17	Klor
18	Argon

IV PERIODE

19	Kalium
20	Kalcium
21	Scandium
22	Titan
23	Vanadin
24	Krom
25	Mangan
26	Jern
27	Kobolt
28	Nikkel
29	Kobber
30	Zink
31	Gallium
32	Germanium
33	Arsen
34	Selen
35	Brom
36	Krypton

V PERIODE

37	Rubidium
38	Strontium
39	Yttrium
40	Zirkon
41	Niobium
42	Molybdæn
43	—
44	Ruthenium
45	Rhodium
46	Palladium
47	Sølv
48	Kadmium
49	Indium
50	Tin
51	Antimon
52	Tellur
53	Jod
54	Xenon

VI PERIODE

55	Cæsium
56	Barium
57	Lanthan
58	Cerium
59	Praseodym
60	Neodym
61	—
62	Samarium
63	Europium
64	Gadolinium
65	Terbium
66	Dysprosium
67	Holmium
68	Erbium
69	Thulium
70	Ytterbium
71	Lutetium
72	—
73	Tantal
74	Wolfram
75	—
76	Osmium
77	Iridium
78	Platin
79	Guld
80	Kvægsølv
81	Thallium
82	Bly
83	Vismut
84	Polonium
85	—
86	Niton

VII PERIODE

87	—
88	Radium
89	Actinium
90	Thorium
91	Protactinium
92	Uran

Digitized by Google

Atomkernen, som blev vundet gennem Teorien for Brintspektret, forsøgte Foredragsholderen allerede i samme Afhandling, hvori denne Teori fremsattes, at udkaste et Billede af Atombygningen i store Træk, idet det blev antaget, at enhver Elektron i Atomets Normaltilstand vilde bevæge sig paa en Maade, der var analog med Bevægelsen af en Elektron i det sidste Stadium af dennes Binding af en Kerne. Ligesom i den Thomsonske Teori antoges det endvidere, at Elektronerne bevægede sig i cirkulære Baner, og at Elektronerne indenfor de forskellige Grupper under denne Bevægelse indtog Stillinger i Forhold til hverandre som Vinkelspidserne i plane regulære Polygoner. En saadan Ordning er ofte betegnet som en Fordeling af Elektronerne i »Ringe«. Ved disse Antagelser viste det sig muligt at opnaa en Redegørelse for Størrelsesordenen af Atomernes Dimensioner, samt af den Fasthed, hvormed Elektronerne i Atomet er bundne, og for hvilken sidste man opnaar et Maal ved Forsøg over Frembringelse af de forskellige Typer af Spektre. En detailleret Forklaring af Stoffernes Egenskaber var man imidlertid paa denne Maade ikke i Stand til at opnaa, selv efter at man fra Moseleys Resultater og Sommerfelds Arbejder havde faaet den Oplysning, at det skitserede, simple Billede af Atomet, saaledes som blandt andre Vegard har fremhævet, maatte modificeres derhen, at der foruden Elektronbaner svarende til Normaltilstanden af Brintatomet, i det Indre af det færdigt dannede Atom forekom Elektronbaner med højere Kvantetal svarende til tidligere Stadier af Brintatomets Dannelse. Vanskeligheden ved paa denne Maade at opnaa et tilfredsstillende Billede af Atomet er paa det nøjeste knyttet sammen med Vanskeligheden ved at gøre Rede for den udprægede »Stabilitet«, som en Forklaring af Stoffernes Egenskaber kræver af Atombygningen. Som vi saa ved Omtalen af Spørgsmaalet om Brintatomets Dannelse, tager Indførelsen af Kvanteteoriens Postulater netop Sigte paa dette Punkt, men de Resultater, som paa den omtalte Maade blev opnaaet for et Atom, der kun indeholder een Elektron, tillader ikke umiddelbart at kaste Lys over et saadant Spørgsmaal som Gruppedelingen af Elektronerne i et Atom med flere Elektroner. Forestiller vi os som i det omhandlede simple Billede, at Elektronerne i Atomets Grupper i hvert enkelt Øjeblik er orienterede relativt til hverandre som Vinkelspidserne i regulære Polygoner, giver de nævnte Postulater — hvad enten vi tænker os

Digitized by Google

de enkelte Elektroners Baner som cirkulære eller elliptiske — os saaledes ikke tilstrækkelige Holdepunkter til at belyse den eventuelle Forskel i Stabilitet hos Elektronkonfigurationer med forskellige Antal af Elektroner i Grupperne.

De af Stoffernes Egenskaber krævede, ejendommelige Stabilitetsforhold hos Atombygningen kommer klart frem ved en Betragtning saavel af Røntgenspektrene som af de kemiske Egenskaber, der, som allerede nævnt, maa antages at hænge nøje sammen med Gruppedelingen af Elektronerne i Atomet. Dette er paa interessant Maade blevet belyst gennem to betydningsfulde Arbejder af Kossel. I det første Arbejde viser han, paa hvilken Maade man nærmere kan forklare Røntgenstraalernes Fremkomst som knyttet til Gruppebygningen af Atomet. Han antager, at en Linie i Røntgenspektret kommer frem ved en Proces, hvorved, efter at en Elektron ved Indgreb udefra er fjernet fra Atomet, en Elektron i en af de andre Grupper indtager dennes Plads; en Pladsbytning, der antages at kunne finde Sted paa lige saa mange Maader, som der findes Grupper med løsere bundne Elektroner. Denne Opfattelse af Røntgenstraalernes Fremkomst førte til en simpel Forklaring af Røntgenstraalernes ejendommelige Absorptionsforhold, og har — ved at føre til Forudsigelsen af visse simple Relationer mellem Svingningstallene af Røntgenlinier for et og samme Stof — vist sig egnet til at danne Grundlag for en Udredelse af de i første Øjeblik meget indviklede Forhold, som det senere, indgaaende eksperimentelle Studium af Røntgenspektrenes Bygning, der navnlig skyldes Siegbahn, har bragt for Dagen. Til Trods for det store Arbejde, som en Række Forskere i Tilknytning til Sommerfelds grundlæggende Undersøgelser har udført paa dette Omraade, har det dog hidtil været vanskeligt fuldtud at drage Nytte af de Kosselske Forestillinger om Røntgenspektrenes Fremkomst. Som vi imidlertid i Slutningen af Foredraget skal se, synes det muligt udfra de ny Synspunkter, som vi skal lægge til Grund for Betragtningen af Atomernes Stabilitetsforhold, paa utvungen Maade at bringe de forskellige Resultater i naturlig Forbindelse med hverandre.

I det andet af Kossels ovennævnte Arbejder undersøger han Betingelsen for Forklaringen af det periodiske System udfra Atom-

Digitized by Google

teorien. Uden at gaa nærmere ind paa Spørgsmaalet om den dybere Aarsag til Gruppedelingen af Elektronerne eller de forskellige Elektronfigurationers forskellige Stabilitet fremhæver han i Tilslutning til Tanker, der allerede spillede en Rolle i Thomsons før omtalte Teori, hvorledes det periodiske System aflægger Vidnesbyrd om en periodisk Fremkomst af Elektronkonfigurationer af særlig stabil Natur. Disse Konfigurationer optræder i de neutrale Atomer hos Grundstofferne af de inaktive Luftarters Familie, der i den foranstaaende Tabel danner Afslutningen paa Systemets Perioder, og den omhandlede Stabilitet antages ikke alene at forklare disse Stoffers Mangel paa Evne til at indgaa kemiske Forbindelser, men ogsaa at forklare de karakteristiske aktive kemiske Egenskaber hos Grundstofferne i de Familier indenfor Systemet, der gaar forud for eller følger umiddelbart efter den nævnte Familie. Betragter vi f. Eks. en inaktiv Luftart som Argon, der har Atomnummer 18, skal vi antage, at de 18 Elektroner i Atomet danner en særlig regelmæssig Konfiguration med udpræget Stabilitet. Ser vi derimod paa det foregaaende Element, Klor, tænkes dets udtalte elektronegative Karakter forklaret derved, at det neutrale Atom, der jo kun indeholder 17 Elektroner, besidder en Tendens til at indfange en yderligere Elektron, hvorved der dannes en negativ Klorion, der indeholder en Elektronkonfiguration af 18 Elektroner med lignende Egenskaber som den, der optræder i det neutrale Argonatom. Paa den anden Side tænker vi os den udprægede elektropositive Karakter hos Kalium forklaret derved, at en af de 19 Elektroner i det neutrale Atom saa at sige er overflødig i de første 18 Elektroners Sammenspil, og at denne derfor let mistes under Dannelsen af en positiv Kaliumion af en lignende Konstitution som Argonatomet. Paa tilsvarende Maade gøres Rede for den elektronegative og elektropositive Karakter af saadanne Stoffer som Svovl og Kalcium med Atomnumrene 16 og 20, der dog i Modsætning til Klor og Kalium er divalente, idet der for at danne den stabile Konfiguration af 18 Elektroner for Svovlatomet kræves Optagelse af 2 Elektroner og for Kalciumatomet Fraspaltning af 2 Elektroner. Ved at udvikle disse Tanker nærmere har Kossel ikke alene formaaet at opnaa en overordentlig interessant Belysning af et stort Antal kemiske Erfaringer, men er ogsaa for Elementerne af de første Perioder i det periodiske System blevet ført til Antagelser

Digitized by Google

om en Gruppedeling af Elektronerne i Atomet, der i formel Henseende frembyder Lighed med dem, som vi i det følgende skal omtale. Kossels Arbejde er siden paa interessant Maade blevet videreført af Ladenburg med særligt Henblik paa Gruppedelingen af Elektronerne i Atomerne hos Grundstofferne i de senere Perioder af det periodiske System. Som vi skal se, frembyder ogsaa Ladenburgs Resultater Lighedspunkter med dem, vi senere skal omtale.

Paa Spørgsmaalet om den dybere Aarsag til den udprægede Stabilitet af visse Elektronkonfigurationer fremfor andre har det hidtil ikke været muligt at opnaa et tilfredsstillende Svar ud fra en konsekvent Anvendelse af Kvanteteorien paa Kerneatomet. Dog har man i nogen Tid været klar over, at en Løsning maatte søges ved at undersøge Mulighederne for en rumlig Fordeling af Elektronernes Baner i Atomet i Stedet for at indskrænke sig til at betragte Konfigurationer, hvor alle Elektronerne indenfor en og samme Gruppe i Atomet bevæger sig i samme Plan, saaledes som det ved de første Forsøg paa at opnaa et Overblik over Atombygningen for Simpelheds Skyld blev antaget. Denne Nødvendighed af at antage rumlige Elektronkonfigurationer har været paapeget fra forskellige Sider. Born og Landé har i Tilknytning til Undersøgelser over Krystallernes Bygning og Egenskaber paapeget, hvorledes Antagelsen af saadanne Konfigurationer synes krævet for at gøre Rede for forskellige af Krystallernes Forhold, og Landé har forfulgt dette Spørgsmaal nærmere og har, som det vil blive omtalt i det følgende, foreslaaet forskellige saadanne »rumlige Atommodeller«, i hvilke Elektronerne i Atomets Grupper hvert Øjeblik indtager Stillinger relativt til hverandre, der udviser en lignende Symmetri som regulære Polyedre. Disse Modeller betyder i visse Henseender et væsentligt Fremskridt, selv om der dog derved ikke er naaet afgørende Resultater med Hensyn til Forstaaelsen af Atombygningens Stabilitetsforhold.

Endvidere har Lewis og Langmuir udfra Betragtninger over Stoffernes kemiske Egenskaber paapeget Betydningen af rumlige Elektronkonfigurationer. Saaledes har Lewis, der paa mange Punkter uafhængig har naaet de samme Resultater som Kossel, fremhævet, at Tallet 8, der karakteriserer Længden af de første Grupper i det periodiske System, kunde tænkes at antyde en Konstitution af Ato-

Digitized by Google

mets Grupper, hvor Elektronerne var anbragt i Forhold til hinanden i Hjørnerne af en Kubus, og har fremhævet hvorledes en Konfiguration af denne Beskaffenhed fører til anskuelige Forestillinger om Bygningen af Molekyler af kemiske Forbindelser. Nu er dertil at sige, at en saadan »statisk« Elektronkonfiguration ikke vil være mulig, naar man antager, at Kræfterne i Atomet hidrører udelukkende fra Partiklernes elektriske Ladninger. Langmuir, der har forsøgt at udarbejde Lewis' Forestillinger videre og at gøre Rede ikke alene for Fremkomsten af de første Oktaver i det periodiske System, men ogsaa for de længere Perioder indenfor dette, tænker sig da ogsaa, at Atomernes Bygning og Stabilitet beherskes af Kræfter, hvis Natur vi ikke nøje kender. Han forestiller sig, at Atomet besidder en »Cellestruktur«, saaledes at der paa Forhaand er anvist enhver Elektron Plads i en Celle, og at disse Celler er ordnede i Lag paa en saadan Maade, at de forskellige Lag, regnet fra Atomkernen og udefter, netop indeholder lige saa mange Pladser som Perioderne i det periodiske System, optalt i Retning af stigende Atomnummer. Langmuirs Arbejder har tiltrukket sig stor Interesse indenfor Kemikernes Kreds, idet de har bidraget til at anskueliggøre de Begreber, hvormed den empiriske kemiske Videnskab opererer. Idet efter en saadan Teori Forklaringen af de forskellige Stoffers Egenskaber henføres til visse for dette Formaal opstillede Postulater angaaende de paagældende Atomers Bygning, adskiller den sig dog paa Forhaand principielt fra Bestræbelserne for at forklare Stoffernes specifike Egenskaber ved Hjælp af almindelige Love, gældende for Vekselvirkningen mellem Partiklerne i ethvert Atom. Min Hovedopgave i dette Foredrag skal imidlertid være at forsøge at vise, hvorledes Arbejdet paa det Program, der udtrykkes i disse Bestræbelser, ingenlunde synes haabløst, men hvorledes det tvertimod synes muligt ud fra en konsekvent Benyttelse af Kvanteteoriens almindelige Postulater at opnaa en Indsigt i Atomernes Bygning og Stabilitetsforhold, naar man — støttet paa disse Postulater — angriber dette Problem ved at stille sig Spørgsmaalet: Hvordan kan et Atom tænkes dannet ved Indfangning og Binding af Elektronerne en for en i det Kernen omgivende Kraftfelt?

* * *

Digitized by Google

Før vi forsøger at besvare dette Spørgsmaal, maa vi dog først se lidt nærmere paa, hvad Kvanteteorien lærer os om Bindingsprocessens almindelige Karakter. For Brintatomets Vedkommende har vi allerede set, hvorledes Brintspektret tør antages at give bestemte Oplysninger om Forløbet af den Proces, hvorved Elektronen bindes af Kernen. Spørger vi om Dannelsen af andre Stoffers Atomer, har vi ogsaa i disses Spektre Kilder til Oplysning om Dannelsesprocessen, men de direkte Oplysninger, som vi faar her, er i Almindelighed ikke saa udtømmende som ved Brintatomet. For et Stof med Atomnummer N kan vi nemlig tænke os Dannelsesprocessen som forløbende i N Afsnit, svarende til den successive Indfangning i Kernens Felt af N Elektroner. Til hver af disse Indfangningsprocesser maa der tænkes at svare et Spektrum; men kun for de to første Elementer, Brint og Helium, besidder vi udtømmende Kendskab til disse Spektre. For de andre Stoffers Vedkommende, hvor flere Spektre vilde være knyttet til Dannelsesprocessen, kender vi hidtil i intet Tilfælde mere end to Typer af saadanne Spektre, der ofte benævnes som henholdsvis »Buespektre« og »Gnistspektre«, med Henblik paa de Forhold, hvoraf deres eksperimentelle Iagttagelse afhænger. Selv om disse Spektre viser en betydelig mere kompliceret Struktur end Brintspektret, givet ved Formel (2) og det ved Formel (7) udtrykte Heliumspektrum, har det i mange Tilfælde været muligt at finde simple Love for Svingningstallene, der besidder en nøje Analogi med de ved disse Formler udtrykte Love.

Ser vi for Simpelheds Skyld bort fra den Struktur, som Linierne i de fleste Spektre udviser (Fremkomst af Dubletter, Tripletter o. s. v.), kan saaledes Svingningstallene for Linierne af mange Buespektre med stor Tilnærmelse fremstilles paa den saakaldte Rydbergske Formel

$$\nu = \frac{K}{(n'' + \alpha_{k''})^2} - \frac{K}{(n' + \alpha_{k'})^2}, \tag{12}$$

hvor n' og n'' er hele Tal og K den samme Konstant som i Brintspektret, medens $\alpha_{k'}$ og $\alpha_{k''}$ er to blandt et Sæt af Konstanter, karakteristiske for det betragtede Stof. Et Spektrum med en Bygning af denne Art kaldes ligesom Brintspektret et Seriespektrum, idet

Linierne kan ordnes i Rækker, de saakaldte »Spektralserier«, indenfor hvilke Svingningstallene konvergerer til bestemte Grænseværdier. Disse Rækker fremstilles f. Eks. ved Formel (12), dersom man ved Benyttelsen af to bestemte Konstanter for $\alpha_{k''}$ og $\alpha_{k'}$ lader n'' forblive uforandret, medens n' efter hinanden antager en Række stadig voksende Værdier.

Som nævnt gælder Formel (12) kun med Tilnærmelse, men altid finder man, at Svingningstallene for Spektrenes Linier ligesom i Formlerne (2) og (12) kan skrives som en Differens mellem to Funktioner af hele Tal. Saaledes gælder den sidste Formel nøjagtigt, dersom Størrelserne α_k ikke betragtes som Konstanter, men som Repræsentanter for et Sæt af Talrækker $\alpha_k(n)$, karakteristiske for det betragtede Stof, hvis Værdier for voksende n indenfor hver enkelt Række hurtigt nærmer sig en konstant Grænseværdi. Den Omstændighed, at Svingningstallene for Spektrene altid optræder som Differens mellem to Led, de saakaldte »Spektraltermer«, af hvis Kombinationer det fuldstændige Spektrum fremgaar, er navnlig blevet fremhævet af Ritz, der ved Opstilling af det saakaldte Kombinationsprincip i høj Grad har befordret Studiet af Spektrene. For dette Princip tilbyder nu Kvanteteorien en umiddelbar Fortolkning, idet vi efter Frekvensbetingelsen ganske som i Brintspektret føres til at opfatte Linierne som fremkommende ved Overgange mellem stationære Tilstande af Atomet, blot at vi for de andre Stoffers Spektre ikke har at gøre med en enkelt Række stationære Tilstande, men med et Sæt af saadanne Rækker. Fra Formel (12) faar vi saaledes for et Buespektrum, idet vi foreløbig ser bort fra de enkelte Liniers Struktur, Oplysning om en Samling stationære Tilstande, for hvilke Energien af Atomet i den $n$te Tilstand i den $k$te Række kan angives ved

$$E_k(n) = -\frac{Kh}{(n+\alpha_k)^2} \tag{13}$$

i nøje Lighed med den simple Formel (3) for Energien i Brintatomets stationære Tilstande.

Hvad Gnistspektrene, hvis Struktur navnlig er klarlagt igennem Undersøgelser af Fowler, angaar, har det været muligt for mange Stoffers Vedkommende med Tilnærmelse at udtrykke Svingningstallene ved en Formel af ganske samme Type som (12), kun med den Forskel,

Digitized by Google

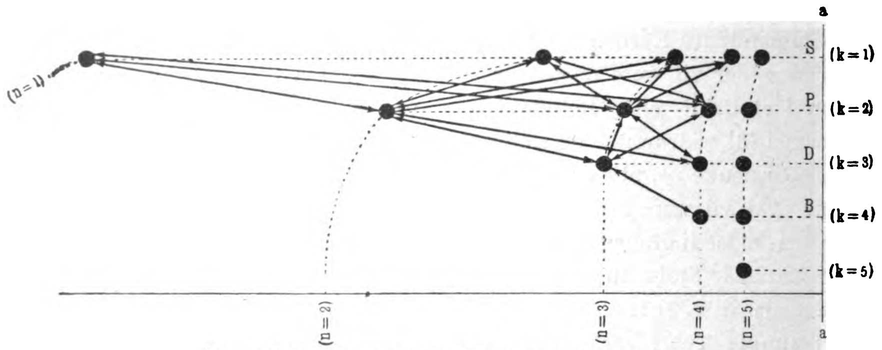
at Konstanten *K*, ligesom i det ved Formel (7) givne Heliumspektrum, er ombyttet med en Konstant, der er 4 Gange saa stor. For Gnistspektrene vil derfor Energiværdierne i de tilsvarende stationære Tilstande af Atomet være givet ved et Udtryk af samme Type som (13), kun med den Forskel, at *K* er ombyttet med 4 *K*.

Denne ejendommelige Lighed mellem Strukturen af de nævnte Typer af Spektre og de simple Spektre givet ved (2) og (7) fortolkes simpelt ved at antage, at Buespektrene er knyttet til det sidste Afsnit af Dannelsen af det neutrale Atom, bestaaende af Indfangningen og Bindingen af den *Nte* Elektron, medens Gnistspektrene er knyttet til det næstsidste Afsnit af Atomets Dannelse, nemlig Bindingen af den (N — 1)te Elektron. I disse Tilfælde vil nemlig den paagældende Elektron — i det mindste paa de tidligere Stadier af Bindingsprocessen, hvor Elektronen under største Del af sit Omløb bevæger sig i Afstande fra Kernen, der er store i Forhold til Dimensionerne af de tidligere bundne Elektroners Baner — bevæge sig i et Kraftfelt stammende fra Kernen og de N — 1 eller N — 2 tidligere indfangne Elektroner, der vil være meget nær det samme som det, der omgiver Kernen i et Brint- eller Heliumatom. Analogt med hvad der gjaldt for Formel (3) vedrørende de stationære Tilstande af Brintatomet, skal vi saaledes tænke os, at den numeriske Værdi af Udtrykket paa højre Side af (13) vil være lig det Arbejde, der kræves for fra Atomet at fjerne den sidst indfangne Elektron, til hvis Binding Udsendelsen af det omhandlede Stofs Buespektrum er knyttet.

Medens disse Forhold naturligt fortolkedes ud fra Foredragsholderens simple Teori for Brintspektret, gav først Sommerfelds Teori for Brintliniernes Finstruktur en klar Forstaaelse af den karakteristiske Forskel mellem Brintens Spektrum og Heliums Gnistspektrum paa den ene Side og de andre Stoffers Bue- og Gnistspektre paa den anden Side. Naar vi betragter Bindingen ikke af den første, men af de paafølgende Elektroner i et Atom, vil nemlig — i det mindste for de senere Stadier af Bindingsprocessens Vedkommende, hvor den sidst fangne Elektron under sit Omløb kommer i indgribende Vekselvirkning med de tidligere indfangne Elektroner, — den paagældende Elektrons Bane ikke mere med stor Tilnærmelse være en lukket Ellipse, men derimod i første Tilnærmelse en Centralbane af

Digitized by Google

lignende Type som den vi allerede møder i Brintatomet, naar vi tager Elektronmassens Foranderlighed med Hastigheden i Betragtning; kun vil den overlejrede Rotation her være forholdsvis langt hurtigere og den periodiske Banes Afvigelse fra en Ellipse langt større. For en Bane af denne Type vil de stationære Tilstande ligesom i Teorien for Finstrukturen være bestemt ved to Kvantetal, som vi stadig skal betegne ved n og k, og som paa simpelt angivelig Maade hænger sammen med Banens kinematiske Egenskaber. Jeg skal for det følgendes Skyld blot nævne, at medens Kvantetallet k i alle Tilfælde paa den tidligere angivne simple Maade er forbundet med Værdien af Elektronens konstante Impulsmoment omkring Centret, kræver Fastsættelsen af Hovedkvantetallet n en Undersøgelse af Banens hele Forløb og vil for en vilkaarlig Centralbane ikke hænge simpelt sammen med den roterende periodiske Banes Dimensioner, dersom denne afviger væsentlig fra en Keplerellipse.



Skematisk Oversigt over Natriumspektrets Fremkomst.

De omtalte Resultater er skematisk fremstillet paa Figuren, der er en Gengivelse af en Tavle, som jeg har benyttet ved en tidligere Lejlighed, og som giver en Oversigt over Forholdene ved Natriumspektrets Fremkomst. De sorte Punkter repræsenterer de stationære Tilstande svarende til forskellige Rækker af Spektraltermer, kendetegnede ved de til højre staaende Bogstaver *S, P, D* og *B*, svarende til de i den spektroskopiske Litteratur sædvanlig benyttede Betegnelser, der tager Sigte paa Egenskaber hos de til Termernes Kombinationer knyttede Spektralserier (skarpe Serie, principale Serie, dif-

Digitized by Google

fuse Serie o. s. v.). De enkelte Punkters Afstand fra den lodrette Linie *aa* yderst til højre paa Figuren er proportionale med den numeriske Værdi for Atomets Energi, udtrykt ved Formel (13). De skraa, sorte Pile antyder endelig de Overgange mellem stationære Tilstande, der giver Anledning til Fremkomsten af Linier i det sædvanligt iagttagne Natriumspektrum. De til de forskellige Tilstande føjede Værdier for n og k er ment som angivende de Kvantetal, der efter Sommerfelds Teori ud fra en foreløbig Betragtning kunde tænkes at kendetegne den ydre Elektrons Bane. For Oversigtens Skyld er de Tilstande, der er tænkt at svare til samme Værdi for n, forbundne ved de punkterede Kurver, der er dragne saaledes, at deres lodrette Asymptoter svarer til saadanne Termer i Brintspektret, der hører til samme Værdi for Hovedkvantetallet. Kurvernes Forløb er tænkt at illustrere, hvorledes Afvigelsen fra Brinttermerne maa ventes at aftage med voksende Værdi af k, svarende til Tilstande, hvor den mindste Afstand, hvortil Elektronen under sit Omløb nærmer sig Kernen, bliver stadig større.

Ved Betragtning af Figuren maa det straks bemærkes, at selv om Teorien lader Hovedtrækkene i Spektrenes Struktur paa tydelig Maade komme for Dagen, har det ikke hidtil været muligt ved Undersøgelser af Elektronbaner, der kan optræde i et simpelt Kraftfelt med Centralsymmetri, at gøre Rede for noget Stofs Spektrum i Enkeltheder. Jeg tænker ikke her saa meget paa Spørgsmaalet om de enkelte Spektralliniers sammensatte Bygning, der f. Eks. for Natriumspektrets Vedkommende kommer til Syne ved Optræden af to nær sammenfaldende Spektraltermer for hvert Led i P- og D-Rækkerne. Dette Forhold, som vi skal komme tilbage til i det følgende, skyldes utvivlsomt mindre Afvigelser fra Centralsymmetri af det fra det indre System stammende Kraftfelt, der vil bevirke, at Banen ikke nøjagtig bliver en Centralbane, men har en noget mere indviklet Karakter, og derfor i de stationære Tilstande maa karakteriseres ved mere end to Kvantetal, paa analog Maade som Optræden af Afvigelser i Elektronbanen i Brintatomet fra en simpel periodisk Bane som nævnt bevirker, at de stationære Tilstande af dette Atom maa karakteriseres ved mere end eet Kvantetal. Det, der i første Række er af Betydning for den følgende Diskussion af Atomernes Dannelse, er imidlertid den entydige Fastlæggelse af de to for Beskrivelsen af en simpel Centralbane fordrede

Digitized by Google

Kvantetal *n* og *k,* der svarer til de forskellige stationære Tilstande, om hvis Eksistens Spektrene lærer os. Allerede ved Fastlæggelse af disse Tal er man nemlig stødt paa Vanskeligheder af dybtliggende Art, der — som vi skal se — paa det nøjeste er knyttet til Spørgsmaalet om Atombygningens ejendommelige Stabilitetsforhold. Jeg skal her kun bemærke, at de Værdier for Kvantetallet *n,* der er angivne paa Figuren, utvivlsomt ikke kan opretholdes, hverken for *S*-Rækkens eller for *P*-Rækkens Vedkommende. Hvad derimod de benyttede Værdier for Kvantetallet *k* angaar, kan man med Sikkerhed sige, at den Tydning af Egenskaberne ved Banerne, som de angiver, er rigtig. Et Støttepunkt for Undersøgelsen af dette Spørgsmaal har man opnaaet ved Betragtninger af en væsentlig anden Karakter end dem, jeg hidtil har haft Lejlighed til at omtale, og som har gjort det muligt at opnaa en Forbindelse mellem Bevægelsen i Atomet og Fremkomsten af Spektrets Linier.

Hvad Kvanteteoriens Principper angaar, har det hidtil været den gennemgribende Afvigelse fra vore sædvanlige Forestillinger om mekaniske og elektrodynamiske Fænomener, som det har haft Betydning at fremhæve. Som Foredragsholderen gennem Arbejder i de sidste Aar har forsøgt at vise, synes det imidlertid muligt for Anvendelsen af Kvanteteorien at lægge et Synspunkt til Grund, der holder os det Haab for Øje, ikke desto mindre at lade denne Teori fremtræde som en rationel Udvidelse af vore sædvanlige Forestillinger. Som det fremgaar af Kvanteteoriens Postulater og specielt af Frekvensbetingelsen, er en direkte Forbindelse mellem Spektrene og Bevægelsen som den, den klassiske elektrodynamiske Teori vilde fordre, paa Forhaand udelukket, men samtidig leder disse Postulaters Form os paa Sporet efter en anden Forbindelse af ejendommelig Karakter. Dersom vi betragter et elektrodynamisk System og ud fra vore sædvanlige Forestillinger spørger om Arten af den Straaling, som Systemets Bevægelse vilde foraarsage, tænker vi os Bevægelsen opløst i saakaldte rene harmoniske Svingninger og antager, at Straalingen vil bestaa i den samtidige Udsendelse af et Antal elektromagnetiske Bølgesystemer, der besidder samme Svingningstal som disse harmoniske Komponenter og Intensiteter, der afhænger af disse Komponenters Amplituder. En nærmere Undersøgelse af Kvanteteoriens formelle Grundlag viser nu, at det er muligt

Digitized by Google

at føre Spørgsmaalet om Fremkomsten af de Straalingsprocesser, der ledsager de forskellige Overgange mellem et Atoms stationære Tilstande tilbage til en Undersøgelse af de forskellige harmoniske Svingninger, der optræder i Atomets Bevægelse, saaledes at Muligheden for, at en bestemt Overgang skal kunne finde Sted, kan anses for at være betinget af Optræden i Bevægelsen af en bestemt angivelig »korresponderende« Svingningskomponent. Dette Synspunkt tillader samtidig at kaste Lys over det i det foregaaende flere Gange berørte Spørgsmaal om Sammenhængen mellem Antallet af de Kvantetal, der maa benyttes til Beskrivelsen af et Atoms stationære Tilstande, og Typen af Elektronernes Baner, hvis Klassificering simplest føres tilbage netop til en Opløsning af Bevægelsen i harmoniske Svingningskomponenter. Tiden tillader mig imidlertid ikke at komme nærmere ind paa dette sidste Spørgsmaal, og jeg skal her væsentlig indskrænke mig til at omtale de Slutninger, som det antydede Korrespondensprincip tillader at drage angaaende Fremkomsten af Overgange mellem forskellige Par af stationære Tilstande, og som er af afgørende Betydning for det følgende.

Det simpleste Eksempel paa en saadan Slutning faar vi, dersom vi betragter et Atomsystem, der indeholder en Partikel, som beskriver en ren periodisk Bane, og hvor som nævnt de stationære Tilstande vil være karakteriserede ved et enkelt Kvantetal n. I dette Tilfælde kan Bevægelsen efter Fouriers Teorem opløses i en enkelt Række harmoniske Svingninger, hvis Svingningstal kan skrives $\tau\omega$, hvor τ er et helt Tal og ω er Omløbstallet i Banen. Det viser sig nu, at en Overgang imellem to stationære Tilstande, for hvilken Værdierne for Kvantetallet er lig henholdsvis n' og n'', vil korrespondere med en harmonisk Svingningskomponent, for hvilken $\tau = n' - n''$. Dette tillader at kaste Lys over den ejendommelige Forskel, der findes imellem Mulighederne for Overgange mellem de stationære Tilstande af et Brintatom paa den ene Side og af et simpelt System bestaaende af en elektrisk Partikel, der kan udføre rent harmoniske Svingninger omkring en Ligevægtsstilling, paa den anden Side. For det sidste System, der ofte kaldes en Plancks Oscillator, bestemmes Energien i de stationære Tilstande ved den velkendte Formel $E = nh\omega$, og ved Anvendelse af Frekvensbetingelsen faar vi derfor for den Straaling, der vilde udsendes ved en Overgang mellem to stationære Tilstande,

Digitized by Google

$\nu = (n' - n'')\,\omega$. Nu er det imidlertid ikke alene en væsentlig Antagelse i Plancks Varmestraalingsteori, men ogsaa en Antagelse der synes krævet for at gøre Rede for Molekylers Absorption i det ultrarøde Straalingsomraade, at en saadan harmonisk Oscillator kun vil emittere og absorbere en Straaling, for hvilken Svingningstallet ν er lig Oscillatorens Svingningstal ω. Vi tvinges derfor til at antage, at for Oscillatoren kan Overgange kun finde Sted mellem stationære Tilstande, karakteriserede ved umiddelbart paa hinanden følgende Kvantetal, medens det, som vi saa, for Forklaringen af Brintspektret givet ved Formel (2) netop var en væsentlig Betingelse, at alle mulige Overgange mellem de stationære Tilstande, for hvilke Atomets Energi var givet ved Formel (5), kunde finde Sted. Ud fra det omhandlede Korrespondenssynspunkt ser vi imidlertid, hvorledes denne tilsyneladende Vanskelighed umiddelbart fortolkes derigennem, at der i den elliptiske Bevægelse af Elektronen i Brintatomet, til Forskel fra Oscillatorens Bevægelse, findes Svingningskomponenter svarende til Værdier af τ forskellig fra 1; eller ved Benyttelse af en velkendt Betegnelse fra Lydlæren, at der i Brintatomets Bevægelse findes Overtoner.

Et andet simpelt Eksempel paa Anvendelsen af Korrespondensprincippet faar vi nu netop i Strukturen af de ovenfor betragtede Seriespektre. Betragter vi igen Figuren med den skematiske Fremstilling af Natriumspektrets Fremkomst, ser vi, at de sorte Pile, der svarer til de Spektrallinier, der fremkommer under sædvanlige Udladningsbetingelser, kun forbinder Punktpar i hinanden følgende Rækker. Denne ejendommelige Begrænsning i Optræden af Kombinationer mellem Spektraltermerne viser sig nu at kunne fortolkes naturligt ud fra en Undersøgelse over de harmoniske Svingningskomponenter, der optræder i en Centralbevægelse af den beskrevne Art. En saadan Bevægelse kan nemlig, som man let viser, opløses i to Rækker af harmoniske Svingningskomponenter, hvis Svingningstal kan udtrykkes henholdsvis ved $\tau\omega + \sigma$ og $\tau\omega - \sigma$, hvor τ er et helt Tal, og hvor ω er Omløbstallet i den roterende periodiske Bane, medens σ er Omløbstallet for den overlejrede Rotation. Disse Svingningskomponenter korresponderer netop med Overgange, hvor Hovedkvantetallet n aftager med τ Enheder, medens Kvantetallet k henholdsvis aftager og vokser med 1 Enhed, altsaa netop med saadanne Overgange, der svarer til de sorte Pile paa Figuren. En yderligere Støtte og interes-

Digitized by Google

sant Uddybning af denne Betragtning kan man endvidere vinde gennem en Fortolkning af Iagttagelser, gjort af Stark og hans Medarbejdere, over Virkningen af elektriske Felter paa Seriespektre.

For Brintspektrets Vedkommende bestaar, som bekendt, den af Stark opdagede Virkning af et elektrisk Felt i en Opløsning af de enkelte Linier i et Antal polariserede Komponenter. Jeg beklager, at Tiden her ikke tillader mig nærmere at omtale den indgaaende Fortolkning af denne Starkeffekt paa Brintlinierne, som det, kort efter Fremkomsten af Sommerfelds Teori for Brintliniernes Finstruktur, lykkedes Epstein og Schwarzschild at give, og som ikke alene danner en af de smukkeste Anvendelser af Kvanteteorien paa Atomspørgsmaal, men som ogsaa har bidraget væsentlig til denne Teoris nøjere Udformning. Jeg skal blot nævne, at den Fastlæggelse af stationære Tilstande, som det her drejer sig om, er væsentlig forskellig fra den, der benyttes i Teorien for Finstrukturen, idet de Perturbationer, som Elektronens næsten periodiske Bane undergaar under de ydre elektriske Kræfters Indflydelse, har en ganske anden Karakter end den langsomme Drejning af Banen, der som Følge af Elektronmassens Afhængighed af Hastigheden optræder i det uforstyrrede Atom, men som ganske undertrykkes af de elektriske Kræfter, for hvilke Atomerne udsættes i Starks Forsøg. Dette bevirker, at det Kvantetal, der — foruden Hovedkvantetallet, som i første Tilnærmelse bestemmer Atomets Energi og den perturberede Banes Storakse — optræder ved Fastsættelsen af de stationære Tilstande, har en ganske anden Betydning end det Kvantetal k, der optræder i Teorien for Finstrukturen. Dette Punkt har det været muligt at belyse ved Hjælp af Korrespondensprincippet, der, som Foredragsholderen har vist, tillader en simpel Fortolkning af Epsteins og Schwarzschilds Resultater ud fra en direkte Undersøgelse af Baneperturbationerne. I Forbindelse med Starkeffekten paa Brintlinierne maa det dog navnlig nævnes, at det har været muligt at benytte dette Princip til, som udført af Kramers, i Enkeltheder at gøre Rede for den ejendommelige Intensitetsfordeling, hvormed Opspaltningskomponenterne optræder, ud fra en Undersøgelse af Amplituderne af de med disse Komponenter korresponderende harmoniske Svingninger i det perturberede Atoms Bevægelse. For andre Stoffers Spektre møder vi væsentlig andre Forhold, fordi her som oftest

Digitized by Google

de ydre Kræfter ikke vil være i Stand til fuldstændig at forstyrre Centralbanekarakteren af den paagældende Elektrons Bevægelse, men kun til at deformere denne Bevægelse i ringe Grad. Derigennem opnaar man en umiddelbar Fortolkning af den svage Virkning, som, ifølge Forsøgene, elektriske Kræfter har paa de fleste af Spektrenes Linier. Hvad der imidlertid i Sammenhæng med de ovenstaaende Betragtninger er af særlig Interesse, er den Iagttagelse, at der i et Spektrum som Natriumspektret under de omhandlede Forhold optræder helt nye Spektralserier svarende til andre Overgange mellem stationære Tilstande end de, der er angivet paa Figuren. Dette er netop, hvad vi ud fra Korrespondensprincippet maatte vente, fordi der i Elektronernes Bevægelse som Følge af de Perturbationer, som de ydre elektriske Kræfter frembringer, foruden de Svingningskomponenter, der optræder i en uforstyrret Centralbane, i Banen vil optræde nye Typer af Svingningskomponenter med Amplituder proportionale med Intensiteten af de ydre Kræfter.

Jeg beklager ligeledes, at Tiden ikke tillader mig at komme nærmere ind paa Spørgsmaalet om Virkningen af magnetiske Felter paa Spektrenes Linier, der jo blev opdaget af Zeeman for netop 25 Aar siden. Jeg skal blot lige nævne, at det har været muligt ved Hjælp af Korrespondensprincippet at uddybe den af Sommerfeld og Debye paa Kvanteteoriens Grund opbyggede Teori for den »normale« Zeemaneffekt paa en saadan Maade, at Teorien kan siges at udvise saa stor en Lighed med den berømte, af Lorentz umiddelbart efter Zeemans Opdagelse givne Teori, som det overhovedet kan ventes, naar man holder sig den store Forskel mellem den klassiske elektromagnetiske Teori og Kvanteteorien for Øje. Jeg skal imidlertid kort omtale et Spørgsmaal, der har Betydning for det følgende, og som har en nøje Tilknytning til Spørgsmaalet om Virkningen af magnetiske Kræfter paa Spektrallinier, nemlig den sammensatte Bygning, som mange Seriespektres Linier udviser, og som vi allerede ovenfor har hentydet til. Denne saakaldte Komplexstruktur af Spektrenes Linier maa tænkes at hidrøre fra en ringe Afvigelse fra Centralsymmetri hos de Kræfter, som den sidst indfangne Elektron er underkastet under dens Binding i Atomet. En saadan Afvigelse, der maa tænkes at have sin Grund i Konfigurationen af de tidligere bundne Elektroners Bane, vil nemlig bevirke, at den

Digitized by Google

paagældende Elektrons Bevægelse ikke vil foregaaa i en fast Plan, men at Baneplanen stadig vil ændre sin Stilling paa en saadan Maade, at Bevægelsen kan beskrives som en Centralbevægelse, paa hvilken der er overlejret en jævn, langsom Drejning om en fast Akse, af lignende Art som den Drejning, som ifølge Larmors Teorem efter den klassiske elektromagnetiske Teori vilde blive overlejret et Atoms Bevægelse under Indvirkning af et homogent ydre Magnetfelt. Foruden de to Kvantetal n og k, som med stor Tilnærmelse vil fastlægge Elektronens Bevægelse i den roterende Centralbane i Atomets stationære Tilstande, svarende til Stadier af den sidst indfangne Elektrons Binding, vil der i Fastlæggelsen af disse Tilstande derfor tillige indgaa et tredie Kvantetal j, der vil bestemme Baneplanens Orientering relativt til de tidligere bundne Elektroners Konfiguration paa en saadan Maade, at Atomets resulterende Impulsmoment multipliceret med 2π vil være lig et helt Multiplum af Plancks Konstant. I Forbindelse med Spørgsmaalet om Forklaringen af Spektralliniernes Komplexstruktur har Sommerfeld paapeget Muligheden for en formel Fortolkning af Iagttagelserne ved Indførelsen af et tredie ikke nærmere defineret »indre« Kvantetal ved de stationære Tilstandes Fastsættelse. Ved at forfølge denne Tanke nærmere har Landé vist, hvorledes Indførelsen af et tredie Kvantetal med den angivne Betydning aabner Mulighed for at udvikle en formel, paa Frekvensbetingelsen bygget Teori for den saakaldte »anomale« Zeemaneffekt, som Komponenterne af de omhandlede komplexe Serielinier udviser, og hvis »Type«, som bekendt, viser nøje Forbindelse med Karakteren af Liniernes Struktur. Spørger vi nu om den Indflydelse, som en Afvigelse af de indre Elektroners Konfiguration fra simpel radial Symmetri vil have paa Fremkomsten af de forskellige Typer af Overgange mellem stationære Tilstande, finder vi ved Anvendelse af Korrespondensprincippet, at den omhandlede Virkning paa den ydre Elektrons Bane ikke kan ventes at give Anledning til Fremkomst af nye Typer af Overgange, forsaavidt det drejer sig om Ændringer i Kvantetallene n og k. I Modsætning til de Perturbationer, der f. Eks. frembringes af et ydre elektrisk Felt, vil den omhandlede, overlejrede Drejning af Banen nemlig ikke frembringe nye Svingningskomponenter, men blot bevirke en Opspaltning af hver af Komponenterne i Centralbevægelsen i et Antal Svingninger med nær sammenfaldende Sving-

Digitized by Google

ningstal, der vil korrespondere med et Antal Overgange mellem stationære Tilstande af Atomet, for hvilke n og k forandrer sig paa samme Maade, medens Kvantetallet j ændrer sig paa forskellig Maade. Vi forstaar derfor, at den Afvigelse fra Centralsymmetri i Atombygningen, der giver Anledning til Komplexstrukturen af Seriespektrenes Linier, i Lighed med Virkningen af ydre magnetiske Felter, men i Modsætning til Virkningen af ydre elektriske Felter, ikke giver Anledning til Fremkomsten af andre Typer af Overgange mellem stationære Tilstande end de, der kan ventes for en ren Centralbevægelse. [Tilføjelse efter Foredraget: I et netop udkommet Hefte af det hollandske Tidsskrift »Physica«, udgivet til Minde om Zeemans Opdagelse, har Paschen og Back meddelt den interessante Iagttagelse, at der i et Magnetfelt fremkommer nye Komponenter i Serieliniernes Struktur, svarende til Overgange, hvor det tredie Kvantetal ændrer sig paa anden Maade end for det uforstyrrede Atom. For dette faar man efter Korrespondensprincippet en simpel Fortolkning, naar man antager, at Karakteren af de Ændringer, som den ydre Elektrons Baneplan i det uforstyrrede Atom vil undergaa, vil ændres af et Magnetfelts Tilstedeværelse paa anden Maade end gennem en simpel overlejret Drejning af den Art, som den klassiske Elektrodynamik efter Larmors Teorem vilde kræve. At et saadant Forhold tør betragtes som den egentlige Aarsag til Zeemaneffektens »Anomalitet« synes ogsaa tydeligt at fremgaa af den af Paschen og Back i et tidligere, betydningsfuldt Arbejde gjorte Opdagelse, at Zeemaneffekten paa Spektrallinier af sammensat Bygning, med voksende Intensitet af de magnetiske Kræfter, undergaar en gradvis Forandring paa en saadan Maade, at Opspaltningsbilledet mere og mere nærmer sig til en normal Zeemaneffekt paa en Spektrallinie af usammensat Bygning. En saadan Virkning maa nemlig ventes at indtræde, naar det ydre magnetiske Felts Indflydelse paa Elektronbanens Karakter er af samme Størrelsesorden som den fra de indre Elektroners Konfiguration stammende Afvigelse fra en plan Centralbevægelse; thi det vil simpelt forstaas, at denne sidste Afvigelse under saadanne Omstændigheder ikke vil kunne gøre sig gældende som bestemmende for Elektronbanens Konfiguration relativt til det indre System].

I Forbindelse med disse Spørgsmaal tør det være af Interesse at gøre opmærksom paa, at en Undersøgelse af Begrænsningen for Over-

Digitized by Google

gangsmuligheder mellem stationære Tilstande, baseret paa en simpel Betragtning af Ændringen i Atomets Impulsmoment under Straalingsprocessen, i Modsætning til hvad man tidligere har ment, ikke er egnet til at kaste Lys over den ved Figuren illustrerede, ejendommelige Struktur af Seriespektrene. I Tilknytning til de ovennævnte Arbejder af Sommerfeld og Landé maa vi nemlig antage, at »Komplexiteten« af Spektraltermerne, svarende til givne Værdier for *n* og *k*, der kommer til Syne i Finstrukturen af Spektrenes Linier, maa tilskrives Tilstande, svarende til forskellige Værdier for dette Impulsmoment, i hvilke Elektronbanens Plan er orienteret paa forskellig Maade relativt til Konfigurationen af de tidligere bundne Elektroner i Atomet. Betragtninger af Ændringen af Impulsmomentet under Straalingsprocessen — saaledes som de er fremdragne af Foredragsholderen til Støtte for visse Slutninger fra Korrespondensprincippet og, uafhængig af dette Princip, samtidig er udviklede af Rubinowicz — kan derfor ikke belyse den Begrænsning af Kombinationsmulighederne, der giver sig Udtryk i den omhandlede simple Struktur af Seriespektrene, og den Ændring, som denne Struktur undergaar ved ydre Kræfters Indflydelse. Saadanne Betragtninger, der er af betydelig principiel Interesse, kan i Sammenhæng med Seriespektrene kun bidrage til en Forstaaelse af den Begrænsning i Kombinationsmuligheder, der giver sig til Kende i de ejendommelige Love, der gælder for det Komponenttal, hvormed de enkelte Spektrallinier optræder. Hvad dette sidste Spørgsmaal angaar, tilbyder Betragtninger over Impulsmomentets Ændring under Straalingsprocessen en direkte Støtte for de ovenfor antydede Konsekvenser af Korrespondensprincippet.

* * *

I det følgende skal vi se, hvorledes den for Seriespektrene paaviste Korrespondens mellem Bevægelsen af den sidst indfangne Elektron og Fremkomsten af Overgange mellem de til forskellige Stadier af Bindingsprocessen svarende stationære Tilstande giver os et Udgangspunkt for at vælge imellem de i første Øjeblik overordentlig righoldige Muligheder, der frembyder sig ved en Betragtning af Atomernes Dannelse ved successiv Indfangning og

Digitized by Google

Binding af Elektronerne. Vi ledes nemlig til blandt de tænkelige Processer, der efter Kvanteteoriens Postulater kunde ventes at finde Sted i Atomet, at udskyde saadanne, hvis Optræden ikke kan anses for forenelig med en Korrespondens af den krævede Beskaffenhed.

Ved Betragtning af Atomernes Dannelse behøver vi ikke at beskæftige os længe med Spørgsmaalet om den første Elektrons Binding. Som det fremgaar af det foregaaende, maa vi antage, at Slutresultatet af Bindingsprocessen vil være en Tilstand, hvor Atomets Energi er givet ved Formlen (5); naar vi sætter $n = 1$, eller nøjere ved Formlen (11), naar vi sætter $n = 1$ og $k = 1$, samt at Elektronens Bane vil være en Cirkel, hvis Dimensioner er givne ved Formel (10), dersom vi sætter $n = 1$ og $k = 1$. En saadan Bane skal vi betegne som en 1-kvantet Bane, idet vi i Almindelighed skal betegne en Bane, for hvilken Hovedkvantetallet har en given Værdi n som en n-kvantet Bane. For Anvendelser, hvor det gælder om at skelne imellem Baner svarende til forskellige Værdier af Kvantetallet k, skal vi betegne en Centralbane karakteriseret ved givne Værdier for Kvantetallene n og k som en n_k Bane.

Betragter vi Bindingen af den anden Elektron, møder vi straks et langt mere indviklet Spørgsmaal. Oplysninger om Bindingsprocessen kan vi imidlertid faa ud fra Heliums Buespektrum. Dette bestaar i Modsætning til de fleste andre simple Spektre ikke af eet, men af to fuldstændige Systemer af Linier, hvis Svingningstal er udtrykt ved Formler af Typen (12). Denne Omstændighed har bevirket, at man paa et tidligere Tidspunkt har antaget, at Helium var en Blanding af to Luftarter, »Orthohelium« og »Parhelium«, men nu ved vi, at de to Spektre blot betyder, at den anden Elektrons Binding kan finde Sted paa to forskellige Maader. En teoretisk Klarlæggelse af Hovedtrækkene af Heliumspektrets Bygning er givet i et betydningsfuldt Arbejde af Landé. Han tænker sig, at Orthoheliumspektrets Udsendelse skyldes Overgange mellem stationære Tilstande, hvor begge Elektronerne bevæger sig i samme Plan og i samme Omløbsretning; den sidst indfangne i en Bane udenom den først bundne. Parheliumspektret derimod tænker han sig som knyttet til stationære Tilstande, hvor Elektronbanerne danner Vinkler med hinanden. En nærmere Undersøgelse af den Maade, hvorpaa de to Baner i de stationære Til-

Digitized by Google

stande af Heliumatomet maa tænkes at indvirke paa hinanden, er udført af Foredragsholderen i Samarbejde med Dr. Kramers. Resultaterne af vor Undersøgelse, der var paabegyndt længere Tid før Offentliggørelsen af Landés Arbejde, har endnu ikke været offentliggjort. Uden at komme ind paa Detailler kan jeg sige, at selv om vore Resultater paa flere Punkter skiller sig væsentligt fra Landés, er vi enige med ham i de ovennævnte almindelige Slutninger angaaende Orthohelium- og Parheliumspektrets Oprindelse.

I nøjeste Forbindelse med Betragtninger over Heliumspektrets Fremkomst er Spørgsmaalet om Slutresultatet af Bindingen af den anden Elektron i Atomet blevet belyst paa betydningsfuld Maade ved Forsøg af Franck og hans Medarbejdere, der som bekendt i de sidste Aar ved Undersøgelser over Virkningen af Bombardement af Atomer med Elektroner med forskellige Hastigheder har formaaet at kaste overordentlig interessant Lys over vigtige Træk af Atombygningens Stabilitet og Spektrenes Fremkomst. For kort Tid siden har disse Forsøg saaledes ledt til den Opdagelse, at Heliumatomer, der udsættes for et Bombardement af Elektroner, kan bringes over i en Tilstand, som Franck benævner »metastabil«, og fra hvilken Atomet ikke kan vende tilbage til Normaltilstanden ved en simpel Overgangsproces ledsaget af Udsendelse af Straaling, men kun ved en Proces der kan betegnes som en kemisk Reaktion, idet den er betinget af Tilstedeværelsen af Atomer af andre Stoffer. Dette Resultat staar i nøjeste Forbindelse dermed, at Bindingen af den anden Elektron i Heliumatomet, saaledes som Spektret lærer os, kan foregaa paa to forskellige Maader. Det fremgaar saaledes af Francks Forsøg, at Atomets normale Tilstand svarer til Slutresultatet af den til Udsendelse af Parheliumspektret knyttede Bindingsproces, hvorved den sidst indfangne Elektron ligesom den først indfangne vil bindes i en 1_1 Bane. Den nævnte metastabile Tilstand derimod svarer til Slutresultatet af den til Fremkomsten af Orthoheliumspektret knyttede Proces, ved hvilken den sidst indfangne Elektron i Modsætning til den første vil bevæge sig i en 2_1 Bane, svarende til en Fasthed af Bindingen, der er ca. 7 Gange mindre end for Elektronen i Atomets Normaltilstand.

Hvis vi nu forsøger nærmere at undersøge dette i første Øjeblik overraskende Resultat, viser det sig, at en Forklaring, eller rettere en Forstaaelse, deraf kan opnaas paa Basis af det i det ovenfor omtalte

Digitized by Google

Korrespondenssynspunkt. Man indser nemlig let, at der er en stor Forskel paa de to Bindingsprocesser, der netop kommer tydeligt frem ved Undersøgelse af disse Processers sidste Stadium. Betragter vi saaledes Orthoheliumbanerne, hvor de to Elektroner bevæger sig i samme Plan, viser det sig, at den ydre Elektrons Bane har den samme Karakter som en Bane af en Elektron der bevæger sig i et simpelt centralsymmetrisk Kraftfelt, og at derfor Fremkomsten af Overgange mellem de stationære Tilstande, paa den i det foregaaende omtalte Maade, direkte kan henføres til Egenskaber ved denne Elektrons Bevægelse. Dette gælder dog netop kun, naar vi indskrænker os til Baner, for hvilke Hovedkvantetallet er større end 1. Vilde vi tænke os Muligheden af en Orthoheliumbane, for hvilken baade n og k var lig 1, maatte vi nemlig, som den nøjere Undersøgelse af Banerne viser, antage, at de to Elektroners Baner var »ækvivalente«, og da de skal ligge i samme Plan, vilde vi blive ført til en Tilstand, hvor de to Elektroner bevægede sig om Kernen i en og samme cirkulære Bane, saaledes at de hvert Øjeblik befandt sig i Endepunkterne af en Diameter. Denne meget enkle Ringkonfiguration kunde efter en simpel Anvendelse af Kvanteteorien ventes at svare til den fastest mulige Binding af Elektronerne i Atomet, og var derfor i mit første Arbejde over Atombygningen foreslaaet som en Model for et neutralt Heliumatom. Spørger vi imidlertid efter Muligheden for en Overgang fra en af Orthoheliumtilstandene til en Konfiguration af den nævnte Art, møder vi Forhold, der er ganske forskellige fra dem, der gælder for indbyrdes Overgange mellem to af Orthoheliumbanerne. For en Overgangsproces, hvorved den sidst indfangne Elektron fra at bevæge sig »udenom« den anden blev optaget som jævnbyrdig Deltager i Bevægelsen omkring Kernen, kan vi nemlig ikke forestille os en Række simple Mellemformer for de to Elektroners Bevægelse, under hvilke den sidst indfangne Elektrons Bane udviste en saadan Lighed med en Centralbevægelse, at der for denne Overgang kunde blive Tale om en Korrespondens af den efterlyste Art. Det bliver derfor forstaaeligt, at den sidst indfangne Elektron ved en Proces, hvorunder de to Elektroner bevæger sig i samme Plan, ikke kan bindes fastere end i en 2_1 Bane. Ser vi derimod paa den Bindingsproces, der foraarsager Parheliumspektrets Udsendelse, og hvor Elektronerne i de stationære Tilstande bevæger sig i Baner, hvis Planer danner Vinkler med hinanden, møder

Digitized by Google

vi væsentlig andre Forhold. Her kræves ikke en tilsvarende, gennemgribende Forandring i Vekselspillet mellem den sidst indfangne Elektron og den tidligere bundne for at opnaa, at de to Elektroners Plads i Atomet bliver ligestillet, og vi kan derfor forestille os, at det sidste Afsnit af Bindingsprocessen kan foregaa paa en lignende Maade som de Afsnit, der er betegnet ved Overgange mellem Baneformer, karakteriserede ved større Værdier for Kvantetallene *n* og *k*.

I Heliumatomets Normaltilstand maa de to Elektroner tænkes at bevæge sig i ækvivalente 1_1 Baner, der i første Tilnærmelse kan beskrives som to Cirkelbaner, hvis Planer — i Overensstemmelse med den i det foregaaende omtalte Betingelse, der efter Kvanteteorien er paalagt Impulsmomentet for et Atom — danner en Vinkel paa 60 Grader med hinanden, men iøvrigt paa Grund af Vekselspillet mellem de to Elektroner ikke vil besidde en fast Orientering i Rummet. Udfra Synspunkter, der afviger væsentlig fra dem, jeg her har fremsat, er en tilsvarende Model for Heliumatomet fornylig foreslaaet af Kemble, der, hvad det finere Vekselspil mellem Elektronerne angaar, samtidig har gjort opmærksom paa en mulig Bevægelsestype af udpræget Symmetri og af en saadan Beskaffenhed, at Elektronerne under deres hele Omløb indtager symmetriske Stillinger i Forhold til en fast Akse. Kemble har dog ikke undersøgt denne Bevægelse nærmere. Allerede før Fremkomsten af hans Arbejde havde imidlertid Dr. Kramers paabegyndt en nøjere Gennemregning af netop denne Bevægelsestype, for at forsøge hvorvidt det var muligt ud fra en saadan Beregning at gøre nøjere Rede for den Fasthed, hvormed Elektronerne er bundne i Heliumatomet, og som kan maales ved en Undersøgelse af det saakaldte Ioniseringspotential. Tidligere Maalinger af dette Potential havde givet Værdier for Fastheden af Bindingen, der omtrentlig svarede til den, der vilde fremgaa af den ovenfor omtalte Ringkonfiguration, der for Fjernelsen af en Elektron kræver et Arbejde lig $^{17}/_{8}$ af det Arbejde, der kræves for Fjernelsen af Elektronen i Brintatomets Normaltilstand. Idet den teoretiske Værdi for dette sidste Arbejde — som vi i det følgende for Kortheds Skyld skal betegne ved W — svarer til et Ioniseringspotential af 13,53 Volt, skulde saaledes Ioniseringspotentialet for Helium efter denne Model ventes at være 28,8 Volt. Nyere, nøjagtigere Maalinger har imidlertid givet en Værdi for Heliums Ionise-

Digitized by Google

ringspotential, der er betydelig lavere og ligger i Nærheden af 25 Volt. Ganske uafhængig af de ovenstaaende Betragtninger var Uholdbarheden af den omhandlede Ringkonfiguration som fremstillende Normaltilstanden af et Heliumatom allerede derved fastslaaet. I Modsætning til, hvad der gælder for denne Konfiguration, kræver en nøjere Undersøgelse af den beskrevne rumlige Atomkonfiguration et vidtløftigt Beregningsarbejde, og Kramers Regninger har endnu ikke givet afsluttede Resultater. Med den Tilnærmelse hvormed de hidtil er gennemførte, peger imidlertid Beregningerne paa Muligheden af at opnaa Overensstemmelse med Forsøgsresultaterne, og det endelige Resultat maa afventes med stor Interesse, fordi det giver os Mulighed for i det simplest tænkelige Tilfælde at opnaa en Prøvelse af de Synspunkter, ud fra hvilke man forsøger at fastlægge stationære Tilstande for Atomer indeholdende mere end een Elektron.

Som det fremgaar af Oversigten over Grundstoffernes System, danner Brint og Helium tilsammen den første Periode i Systemet, idet Helium jo er den første inaktive Luftart. Den store Forskel i de kemiske Egenskaber af Brint og Helium hænger nøje sammen med den store Forskel i Elektronbindingens Beskaffenhed, som Undersøgelsen af Spektrene og Ioniseringspotentialerne direkte lærer os om, og som vi har set, det ogsaa synes muligt at fortolke ved direkte Anvendelse af Kvanteteorien. Medens Helium har det højeste Ioniseringspotential af alle Stoffer, er Elektronen i Brintatomet ikke bundet fastere, end at vi kan forstaa Brintens Tilbøjelighed til at optræde som positiv Ion i vandige Opløsninger og kemiske Forbindelser. En nærmere Betragtning af dette Spørgsmaal kræver imidlertid en Sammenligning mellem Elektronkonfigurationernes Art og Fasthed hos andre Stoffers Atomer og kan derfor ikke diskuteres, før vi har betragtet dette Spørgsmaal nærmere.

Naar vi nu gaar over til at betragte Atombygningen hos Stoffer, der i det neutrale Atom indeholder mere end to Elektroner, skal vi først og fremmest antage, at alt, hvad vi ovenfor har sagt om Heliumatomets Dannelse, i Hovedtræk vil gælde ogsaa for Indfangningen og Bindingen af de to første Elektroner i saadanne Atomer. Disse Elektroner maa saaledes i Normaltilstanden antages at bevæge sig i ækvivalente Baner, karakteriserede ved Kvantebetegnelsen 1_1.

Digitized by Google

Spørger vi nu om Bindingen af den 3die Elektron, faar vi direkte Oplysning fra en Undersøgelse af **Lithiumspektret**. Dette Spektrum lærer os om en Række stationære Tilstande, hvor den Fasthed, hvormed den sidst indfangne Elektron er bundet, er meget nær den samme som i de stationære Tilstande svarende til Stadier af Brintatomets Dannelse. Foruden disse Rækker af Tilstande, der svarer til Baner, hvor k er større eller lig 2, og hvor den sidst indfangne Elektron bevæger sig helt udenfor det Omraade, hvori de to første Elektroner bevæger sig, lærer Spektret os om en Række Tilstande, der svarer til $k = 1$, og hvor Energien afviger væsentlig fra de tilsvarende stationære Tilstande af Brintatomet. I disse Tilstande, hvortil Atomets Normaltilstand — saaledes som det fremgaar af Forsøg over Absorption i Lithiumdamp — hører, maa den sidst indfangne Elektron, selv om den under Størstedelen af Omløbet befinder sig i større Afstande fra Kernen, under et vist Tidspunkt af Omløbet antages at trænge ind til Afstande fra denne, der er af samme Størrelsesorden som Dimensionerne af de tidligere bundne Elektroners Baner. Paa Grund af denne Omstændighed vil Elektronen være bunden med en Fasthed, der er betydelig større end den, hvormed Elektronen er bunden i stationære Tilstande af Brintatomet, svarende til samme Værdi for n. I Normaltilstanden, hvor, som det fremgaar af Spektret, det Arbejde, der kræves for Elektronens Fjernelse fra Atomet, kun er 0,396 W, maa vi derfor antage, at denne bevæger sig i en 2_1 Bane, selv om den er bunden omtrent halvanden Gang saa fast som i den tilsvarende Bane i Brintatomet, hvor det for Fjernelsen krævede Arbejde er ¼ W. Hvis vi her spørger om Aarsagen til, at en Overgang fra en af de stationære Tilstande, hvorom Spektret belærer os, til en Tilstand, hvor den sidst indfangne Elektron vilde bevæge sig i en 1_1 Bane, er udelukket, møder vi Forhold, der frembyder Lighed med Fortolkningen af Heliums metastabile Tilstand. En saadan Overgang, der, som en nærmere Undersøgelse viser, maatte tænkes at føre til en Tilstand af Atomet, hvor alle Elektronerne bevægede sig i ækvivalente Baner, vilde nemlig være af en ganske anden Type end de til Udsendelsen af Lithiumspektret knyttede Overgange mellem stationære Tilstande og vilde i Modsætning til disse ikke udvise Korrespondens med harmoniske Komponenter i Atomets Bevægelse. Vi faar derfor et Billede af **Lithiumatomets** Dan-

Digitized by Google

nelse og Bygning, der tilbyder en naturlig Forklaring for de fra Heliums og Brints stærkt afvigende, kemiske Egenskaber, som Lithium udviser, idet vi opnaar en Basis for at forstaa, hvorfor den sidst indfangne Elektron i Lithiumatomet er næsten 5 Gange løsere bunden end Elektronerne i Heliumatomet, og lidt mere end 2 Gange løsere end Elektronen i Brintatomet.

Hvad her er sagt gælder ikke alene om Dannelsen af Lithiumatomet, men maa antages at gælde om Bindingen af den 3die Elektron i ethvert Atom, der altsaa i Modsætning til de to første Elektroner, som bevæger sig i 1_1 Baner, maa tænkes at bevæge sig i en 2_1 Bane. Tilsvarende vil nu gælde om den 4de, 5te og 6te Elektron. Jeg skal ikke her komme nærmere ind paa de Forestillinger, man kan gøre sig om den successive Indfangning og Binding af disse Elektroner, men blot nævne, at Aarsagen til, at Bindingen af de første af disse ikke vil forhindre Indfangningen af de paafølgende i ækvivalente 2_1 Baner, maa antages at hænge sammen med, at Banerne ikke er cirkulære, men stærkt ekscentriske, og at saaledes f. Eks. den 3die Elektron ikke kan holde de senere Elektroner borte fra det indre System paa tilsvarende Maade, som Tilstedeværelsen af de to først bundne Elektroner i Lithiumatomet hindrer den 3die i at bindes i en 1_1 Bane. Vi maa saaledes vente, at den 4de, 5te og 6te Elektron paa tilsvarende Maade som den 3die hver især under visse Øjeblikke af deres Omløb trænger ind i det Omraade, hvor de to først bundne Elektroner bevæger sig. Vi skal imidlertid ikke tænke os, at disse Besøg hos det indre System for de fire Elektroners Vedkommende finder Sted paa samme Tid, men at de fire Elektroner besøger Kernen enkeltvis med lige store Tidsmellemrum. Ved tidligere Arbejder over Atombygningen har man tænkt sig, at Elektronerne i Atomets forskellige Grupper bevægede sig i adskilte Omraader indenfor dette, samt at Elektronerne i hver enkelt Gruppe hvert Øjeblik indtog Konfigurationer, der besad en Symmetri af lignende Art som en regelmæssig Polygon eller Polyeder, hvad blandt andet medførte, at Elektronerne i Gruppen antoges samtidig at befinde sig i de Punkter af deres Baner, hvor de er Kernen nærmest. En saadan Bygning af Atomet kan betegnes som en, hvor Bevægelsen af Elektronerne indenfor Grupperne er koblet sammen paa en Maade, der er uafhængig af Vekselvirkningen mellem de forskellige Grupper. Det karakteristi-

Digitized by Google

ske Træk hos en Bygning for Atomet som den her foreslaaede er derimod den intime Kobling mellem Elektronbevægelserne i de forskellige Grupper, samt den større Uafhængighed, som kommer for Dagen i Bindingsarten indenfor en og samme Gruppe af Elektroner med ækvivalente Baner karakteriserede ved samme Kvantetal. Ved at fremhæve dette sidste Træk tænker jeg ikke alene paa den langt ringere Indflydelse af Tilstedeværelsen af tidligere bundne Elektroner indenfor samme Gruppe paa Fastheden af Bindingen af de paafølgende Elektroner, som den beskrevne Bevægelsesmaade bringer med sig, men fuldt saa meget paa den Maade hvorpaa Bevægelserne af Elektronerne indenfor Gruppen afspejler Uafhængigheden af de Processer, gennem hvilke Gruppen kan dannes ved de enkelte Elektroners Indfangning, samt kan reorganiseres ved Pladsbytning af de enkelte Elektroner i Atomet efter en Forstyrrelse frembragt ved ydre Kræfter. Det sidste Spørgsmaal skal vi komme nærmere ind paa ved Omtalen af Fortolkningen af Røntgenspektrenes Fremkomst og Beskaffenhed; foreløbig skal vi gaa videre med at betragte, hvilken Bygning af Atomet vi føres til ved at undersøge de til Elektronernes successive Indfangning knyttede Processer.

De foregaaende Betragtninger giver et Grundlag for at forstaa, at de paa Lithium følgende Stoffer, Beryllium og Bor, i Forbindelser med andre Stoffer kan optræde som elektropositive med henholdsvis to og tre Valenser, idet, ligesom den 3die Elektron i Lithiumatomet, de senere indfangne Elektroner i disse Stoffers Atomer vil være langt løsere bundne end de to første Elektroner. Samtidig forstaar vi, at den elektropositive Karakter dog for disse Stoffer er mindre udpræget end hos Lithium, idet Elektronerne i 2_1 Banerne paa Grund af det stærkere Felt, hvori de bevæger sig, vil være langt fastere bundne i Beryllium- og Bor-Atomet end i Lithium-Atomet. Hos det næste Grundstof, Kulstof, møder vi nye Forhold, idet dette Stof i sine typiske kemiske Forbindelser ikke kan antages at optræde som Ion, men snarere som neutralt Atom. Dette maa antages ikke alene at hænge sammen med Elektronbindingens store Fasthed, men tillige at være væsentlig betinget af Symmetriegenskaber hos Elektronkonfigurationen.

Ved Bindingen af den 4de, 5te og 6te Elektron i 2_1 Baner maa den rumlige Symmetri af den relative Konfiguration af de paa-

Digitized by Google

gældende Elektronbaner antages stadig at forøges, indtil ved Bindingen af den 6te Elektron Banerne af de fire sidst bundne Elektroner maa ventes at indtage en overordentlig symmetrisk Konfiguration, hvori Normalerne til Baneplanerne indtager en Stilling relativt til hverandre, meget nær som Linierne fra Centret til Hjørnespidserne i et regulært Tetraeder. En saadan Konfiguration af Gruppen af 2-kvantede Baner i Kulstofatomet synes nu virkelig egnet til at danne Grundlag for Forestillinger om Bygningen af de organiske Forbindelser. Jeg skal imidlertid ved denne Lejlighed ikke komme nærmere ind paa dette Spørgsmaal, hvis nøjere Undersøgelse vil kræve et indgaaende Studium af Vekselvirkningen mellem Elektronbevægelsen i de i Molekylet indgaaende Atomer. Det skal i denne Forbindelse blot nævnes, at de Typer af Elektronkonfigurationer, som man ud fra de her fremsatte Betragtninger naturligt føres til, bliver væsentlig forskellige fra saadanne Molekylmodeller, som blev foreslaaet i Foredragsholderens første Arbejder, og hvor de kemiske »Valensbaand« fremstilledes ved »Elektronringe« af lignende Type som de, der antoges at udgøre Elektrongrupperne indenfor de enkelte Atomer. Naar det, uden at komme ind paa saadanne Spørgsmaal, dog er muligt, som jeg skal forsøge her, at give en Oversigt over Fortolkningen af Grundstoffernes kemiske Egenskaber ud fra en Undersøgelse af disse Stoffers Atomer, ligger dette i, at Betragtningen af Molekyldannelser af den Art, som optræder i Sammenslutningen af Atomer af et og samme Grundstof og i mange organiske Forbindelser, ikke spiller den Rolle for en saadan Oversigt som Betragtningen af Molekyldannelser, hvori de enkelte Atomer tør anses at indgaa som elektrisk ladede Ioner. Den sidste Art af Forbindelser, som ofte benævnes »heteropolare«, og hvortil de simple uorganiske Forbindelser for den største Del hører, besidder nemlig en langt mere typisk Karakter end de førstnævnte Forbindelser, der benævnes »homoeopolare«, og hvis Egenskaber i en ganske anden Grad er individuelle for de indgaaende Stoffer. Hovedopgaven i det følgende vil derfor blive at betragte den Tilpasning; som Elektronkonfigurationerne i de forskellige Atomer frembyder for Iondannelsen.

Før vi forlader Spørgsmaalet om Kulstofatomets Bygning, maa jeg imidlertid nævne, at en Model af et Kulstofatom, hvor Konfigurationen af Banerne af de fire løsest bundne Elektroner besidder en

Digitized by Google

udtalt Tetraeder Symmetri, allerede har været foreslaaet af Landé, der for at gøre Rede for det eksperimentelle Materiale vedrørende Atomernes Størrelse ligeledes har benyttet den Antagelse, at de paagældende Elektroner bevægede sig i Baner, karakteriserede ved Kvantebetegnelsen 2_1. Der er imidlertid den Væsensforskel mellem Landés Betragtninger og de her anførte, at medens Kulstofatomets karakteristiske Forhold hos Landé søges baseret alene paa en Undersøgelse af de simpleste Bevægelsesformer med rumlig Symmetri, som fire Elektroner kan udføre, er Betragtningerne her ført tilbage til det hele Atoms Stabilitetsforhold, idet, som vi har set, Antagelserne om de paagældende Elektroners Baner er direkte baseret paa en Undersøgelse af Vekselvirkningen mellem disse Elektroner og de to først bundne. Denne Forskel kommer til Syne gennem de Antagelser om Koblingen mellem Bevægelserne af Elektronerne i de to Grupper med ækvivalente Baner og om Vekselspillet mellem Bevægelserne indenfor hver af disse, som Betragtninger af Atomets Dannelse har ledt os til, og som giver vor Model for Kulstofatomet dynamiske Egenskaber, der er væsentlig forskellige fra Egenskaberne af Landés Model.

For at gøre Rede for de nærmest paafølgende Grundstoffers Egenskaber kommer det, som nævnt i det foregaaende ved Omtalen af Kossels Arbejder, i første Række an paa at forstaa, hvorfor den Konfiguration af 10 Elektroner, der optræder i det neutrale Neonatom besidder Stabilitetsforhold af særegen Art. Ved Betragtninger over dette Spørgsmaal har man hidtil lagt den Antagelse til Grund, at denne Konfigurations Egenskaber var betinget af Vekselspillet mellem 8 Elektroner, der i ækvivalente Baner bevægede sig udenom Kernen og en indre Gruppe af to Elektroner svarende til Konfigurationen af Elektronerne i Heliumatomet. Vi skal imidlertid se, at Løsningen maa antages at skulle søges i en væsentlig forskellig Retning. Spørger vi om Indfangningen og Bindingen af den 7ende Elektron i Atomet, kan vi nemlig ikke vente, at denne vil blive bundet i en 2_1 Bane ækvivalent med de fire foregaaende Elektroners Baner. En Optræden af 5 saadanne Baner i Atomet vilde nemlig paa saa afgjort Maade forstyrre Symmetrien i disse Elektroners Vekselspil, at vi ikke kan forestille os, at en Proces resulterende i Optagelsen af en femte Elektron i den paagældende Gruppe vilde besidde den af Korrespondensprincippet kræ-

Digitized by Google

vede Analogi med en Proces, hvormed Udsendelsen af Straaling efter vore sædvanlige Forestillinger vil være forbunden. Vi maa tvertimod tænke os, at de fire Elektroner i deres overordentlig symmetriske Banekonfiguration vil holde senere tilkomne Elektroner ude fra deres Gruppe, med det Resultat at disse Elektroner vil blive bundne i Baner karakteriserede ved højere Kvantetal.

De Baner, der kommer i Betragtning ved Bindingen af den 7ende Elektron i Kvælstofatomet og den 7ende, 8nde, 9ende og 10ende Elektron hos Atomerne af de paafølgende Elementer, vil være cirkulære Baner af Typen 2_2, der — selv om deres Diameter vil være betydelig større end Banediametrene for de to første Elektroner —, dog vil forløbe indenfor det Omraade, i hvilket de fire næste Elektroner bevæger sig, saaledes at de yderste Dele af de ekscentriske 2_1 Baner vil rage et Stykke udenfor de cirkulære 2_2 Baner. Jeg skal ikke her komme ind paa Spørgsmaalet om de paagældende Elektroners successive Indfangning og Binding, for hvilke en nærmere Undersøgelse af Vekselspillet mellem Bevægelserne af Elektronerne i de 2 Typer af 2-kvantede Baner er nødvendig. Jeg skal blot nævne, at i Neonatomet, hvor vi skal antage, at der findes fire Elektroner i 2_2 Baner, disse Baners Planer ikke alene maa tænkes at indtage en Stilling i Forhold til hverandre, der udmærker sig ved en høj Grad af rumlig Symmetri, men ogsaa at besidde en harmonisk Konfiguration relativt til de fire elliptiske 2_1Baner. Et Vekselspil af denne Art kan imidlertid uden Sammenfald af Baneplaner kun opnaas ved, at Banekonfigurationerne i begge Undergrupper viser en systematisk Afvigelse fra Tetraeder-Symmetri, der vil bevirke, at Elektrongruppen med 2-kvantede Baner i Neonatomet kun vil besidde en enkelt Symmetriakse, der maa antages at falde sammen med Symmetriaksen for Konfigurationen af den inderste Gruppe med de to Elektroner i 1-kvantede Baner.

Med Henblik paa Forklaringen af den udprægede elektronegative Karakter af de forud for Neon gaaende Elementer, Ilt og Fluor, med Atomnummer 8 og 9 maa det her fremhæves, at den Tendens, som disse Stoffers neutrale Atomer besidder for ved yderlig Indfangning af Elektroner at danne negative Ioner med en lignende Konstitution som det neutrale Neonatom, maa tilskrives ikke alene

Digitized by Google

den Forøgelse af Symmetrien og den dermed følgende Forøgelse af Elektronbygningens Fasthed, som Kompletteringen af den paagældende Elektrongruppe vil medføre, men lige saa meget den Omstændighed, at de sidst indfangne Elektroners Baner vil finde deres Plads indenfor det Omraade, hvori de tidligere indfangne Elektroner i 2_1 Baner bevæger sig. Dette Forhold betinger nemlig en Forstaaelse af den store Forskel, som Stofferne i den sidste Halvdel af den anden Periode af det periodiske System udviser fra Stofferne i den første Halvdel, i hvis Atomer i Modsætning til de førstnævnte Stoffers der kun findes en Type af 2-kvantede Baner.

Vi skal nu gaa over til at undersøge Spørgsmaalet om Bygningen af Atomerne for Stofferne i den tredie Periode i Grundstoffernes System og stilles da straks overfor Spørgsmaalet om, hvorledes den 11te Elektron i Atomet bindes. Her møder vi Forhold, der i visse Henseender er analoge med dem, vi omtalte ved Bindingen af den 7ende Elektron. I Lighed med hvad der gjaldt for Konfigurationen i Kulstofatomet vilde Symmetrien af Konfigurationen i Neonatomet blive væsentlig, for ikke at sige fuldstændig, forstyrret ved Optagningen af endnu en Elektron i Atomet i en Bane af samme Type som den, hvori de sidst indfangne Elektroner blev bundne. Ligesom ved den 3die og 7ende Elektron maa vi derfor vente ved den 11te Elektron at møde en ny Type af Baner i Atomet, og de Baner, der denne Gang melder sig, er 3_1 Baner. En Elektron, der bevæger sig i en saadan Bane, vil vel for Størstedelen af Bevægelsen befinde sig udenfor Konfigurationen af de 10 første Elektroners Baner; men i visse Øjeblikke af dens Omløb vil den ikke alene trænge ind i Omraadet for 2_1 og 2_2 Banerne, men vil ligesom de første af disse Baner endda trænge helt ind til Afstande fra Kernen, der er mindre end Radierne af de 1-kvantede Baner af de to først bundne Elektroner. Dette Forhold, der har den største Betydning for Forstaaelsen af Atomets Stabilitet, fører for Bindingen af den betragtede 11te Elektron til et ejendommeligt Resultat. I Natriumatomet vil saaledes for de ydre Banedeles Vedkommende denne Elektron bevæge sig i et Felt, der kun afviger meget lidt fra det, der omgiver Kernen i Brintatomet, men alligevel vil Dimensionerne af de omhandlede Dele af Banen være væsentlig forskellige fra Dimensionerne af de tilsvarende Dele af en 3_1 Bane i

Digitized by Google

Brintatomet. Dette hidrører fra, at selv om Elektronen kun i korte Øjeblikke af sit Omløb kommer indenfor den indre Konfiguration af 10 Elektroner, vil dog denne Del af Banen være væsentlig bestemmende for Fastlæggelsen af Hovedkvantetallet, hvad der hænger simpelt sammen med, at Elektronens Bevægelse for denne Banedels Vedkommende kun afviger lidt fra den Bevægelse, som hver af de tidligere bundne Elektroner i 2_1 Baner vil udføre under et helt Omløb i disse Baner. Med denne Omstændighed hænger den Usikkerhed sammen, der har hersket angaaende Fastlæggelsen af Kvantetallene for de stationære Tilstande svarende til et Spektrum som Natriumspektret, og som vi har hentydet til i det foregaaende. Dette Spørgsmaal har være underkastet Drøftelse fra forskellig Side. Ud fra Sammenligninger mellem Spektraltermerne for de forskellige Alkalimetaller har Roschdestwensky ment at kunne drage den Slutning, at Normaltilstanden ikke, som man paa Forhaand kunde være tilbøjelig til at vente, svarer til en 1_1 Bane — en Opfattelse, der f. Eks. kommer til Udtryk i de Talværdier for n, hvormed i Figuren paa Side 172 de stationære Tilstande er kendetegnet — men at denne Tilstand svarer til en 2_1 Bane. I et Forsøg paa at gøre Rede for den store Forskel imellem S-Termerne og Termerne i P- og D-Rækkerne hos Alkalispektrene, der viser sig i Værdierne for Konstanterne α_k i Formlen (12), er Schrödinger kommet til et tilsvarende Resultat ud fra den Antagelse, at den »ydre« Elektron i de Tilstande der svarer til S-Termerne, i Modsætning til de, der svarer til P- og D-Termerne, under sit Omløb forløber delvis indenfor Omraadet for de indre Elektroners Baner. Disse Undersøgelser indeholder vel betydningsfulde Fingerpeg, men som vi skal se, maa Forholdene i Virkeligheden antages at ligge væsentlig forskelligt for de forskellige Alkalispektre. I Modsætning til Lithiumspektret, hvor de første Termer af S- og P-Rækkerne svarer henholdsvis til 2_1 Baner og 2_2 Baner, maa vi saaledes for Natriumspektrets Vedkommende ikke alene antage, at det første Spektralterm i S-Rækken svarer til en 3_1 Bane, men en nøjere Betragtning viser tilmed, at det første Term i P-Rækken ikke svarer til en 2_2 Bane, som antydet paa Figuren, men til en 3_2 Bane. Den Opfattelse, der ligger til Grund for Figurens Betegnelser, vilde blandt andet føre med sig, at P-Termerne skulde være mindre end Brinttermerne, svarende til samme Hovedkvantetal. En

Digitized by Google

Forklaring heraf vilde imidlertid kræve, at Middelvirkningen af de indre Elektroners Tilstedeværelse kunde beskrives som en Frastødning, større end den der vilde fremkomme, hvis deres samlede elektriske Ladning var forenet i Atomets Centrum. Ud fra en Forestilling om Atombygningen som den her omhandlede kan et Forhold som dette imidlertid ikke ventes at forekomme. Den Omstændighed, at den sidst indfangne Elektron, i hvert Fald for lave Værdier af k, forløber delvis indenfor de tidligere indfangne Elektroners Bane, vil tværtimod bevirke, at disse Elektroners Tilstedeværelse vil give Anledning til en virtuel Frastødning, der er betydelig mindre end den, der vilde skyldes deres forenede Ladning. I Stedet for de fra højre til venstre forløbende Kurver, der paa Figuren er trukket mellem Punkter, der tænkes at repræsentere stationære Tilstande, svarende til samme Værdi for Hovedkvantetallet, faar vi derfor Kurver, der forløber fra venstre til højre, og et saadant Forhold finder vi ikke alene for Natriumspektret, men ogsaa for andre Stoffers Spektre. I Forbindelse med Spørgsmaalet om Fortolkningen af Natriumspektret ud fra det omhandlede Billede af Atomet kan det nævnes, at dette ikke alene synes at tilbyde en Forklaring af Størrelserne af Termerne, men at ogsaa Komplexiteten af Termerne i P- og D-Rækkerne forklares naturligt ud fra den Afvigelse fra ren Centralsymmetri, som Konfigurationen af de 10 først bundne Elektroner udviser. Denne Mangel paa Symmetri har sit Udspring i de to allerinderste Elektroners Konfiguration og »forplanter« sig ud til de ydre Dele af Atombygningen netop paa Grund af den Omstændighed, at 2_1 Banerne delvis trænger ind paa disse Elektroners Omraade.

De ovenstaaende Betragtninger angaaende Natriumspektrets Fremkomst giver samtidig en umiddelbar Fortolkning af Natriums stærke elektropositive Egenskaber, idet som Spektret lærer os, og som Atommodellen gør forstaaeligt, den sidst bundne Elektron i Natriumatomet er endnu løsere bunden end den sidst indfangne Elektron i Lithiumatomet. Det kan i denne Forbindelse anføres, at ogsaa en Betragtning af Atomvolumenets Tiltagen med stigende Atomnummer indenfor Alkalimetallernes Familie fortolkes simpelt ud fra den stedse løsere Binding af Valenselektronen. I Tilknytning til sine Arbejder over Røntgenspektrene har Sommerfeld paa et tidligere Tidspunkt ment i denne Tiltagen at Atomvolumenerne at kunne finde

Digitized by Google

Støttepunkter for den Antagelse, at det Hovedkvantetal, der svarer til Valenselektronernes Bane, ligesom det her er antaget, vil vokse med en Enhed, hver Gang vi gaar fra et Metal i den omhandlede Familie til det næste. Sommerfeld har dog senere i Sammenhæng med Undersøgelser over Seriespektrene bestemt taget Afstand fra denne Antagelse, der i første Øjeblik ogsaa kunde synes at medføre en Tiltagen af Atomvolumenerne langt større end den iagttagne. En simpel Forstaaelse af disse Forhold opnaar man imidlertid ved, som ovenfor beskrevet, at tage Hensyn til, at den paagældende Elektrons Bane vil delvis forløbe indenfor de indre Banekonfigurationers Omraade, og at derfor de »effektive« Kvantetal, der svarer til Banens ydre, næsten elliptiske Sløjfer, vil være langt mindre end det Hovedkvantetal, hvormed den hele Centralbane beskrives. Det maa i denne Forbindelse ogsaa bemærkes, at Vegard, ligeledes i Tilknytning til Undersøgelser over Røntgenspektrene, har foreslaaet Antagelsen af stedse stigende Kvantetal for Elektronbanerne i Atomets Grupper, regnet fra Kernen og udefter, og i denne Sammenhæng indført Antagelser angaaende Forbindelsen mellem Elektrontallene i Atomets Grupper og Periodelængderne i Grundstoffernes System, der udviser visse formelle Lighedspunkter med de i det følgende fremsatte Resultater. Heller ikke Vegards Betragtninger tilbyder imidlertid Udgangspunkter for en nærmere Undersøgelse af Gruppernes Udformning og Stabilitet og derfor ikke noget Grundlag for en indgaaende Fortolkning af Stoffernes Egenskaber.

Betragter vi de paa Natrium følgende Stoffer i den 3die Periode af Grundstoffernes System møder vi ved Bindingen af den 12te, 13de og 14de Elektron Forhold, der er nøje analoge med dem, vi mødte ved Spørgsmaalet om Bindingen af den 4de, 5te og 6te Elektron i Atomet. Vi skal saaledes antage, at vi i det neutrale Siliciumatom har at gøre med en Konfiguration, hvor de fire sidst indfangne Elektroner bevæger sig i 3_1 Baner, der ligesom 2_1 Banerne hos Kulstof maa tænkes at danne en Konfiguration med saadanne Symmetriegenskaber, at en Optagen i Atomerne af de følgende Elementer af en yderligere Elektron i en 3_1 Bane er udelukket. Den 15de Elektron hos Stofferne af højere Atomnummer vil derfor være bunden i en ny Banetype; men her vil vi ikke, som ved Indfangningen af den 7ende Elektron, møde cirkulære Baner, men en roterende ekscentrisk Bane af Typen 3_2. Dette hæn-

Digitized by Google

ger paa det nøjeste sammen med de Forhold, som jeg før omtalte, og som bevirker, at ikke-cirkulære Baner vil svare til en fastere Binding end cirkulære Baner med samme Værdi for Hovedkvantetallet, idet for de første Baners Vedkommende Elektronen i visse Øjeblikke vil trænge langt dybere ind i Atomets Indre. En Bane 3_2 vil vel ikke komme helt ind i den inderste Konfiguration af 1_1 Baner, men den vil trænge ind til Afstande fra Kernen, der er betydelig mindre end Radierne i de cirkulære 2_2 Baner. For den 16de, 17de og 18de Elektrons Vedkommende stiller Forholdene sig paa tilsvarende Maade som for den 15de, og vi maa for Argon vente en Konfiguration, hvori de ti inderste Elektroner bevæger sig i Baner af samme Typer som Elektronerne i Neonatomet, medens de 8 sidste Elektroner vil danne en Konfiguration af fire 3_1 Baner og fire 3_2 Baner, der besidder Symmetriegenskaber, der maa tænkes nøje at svare til Konfigurationen af 2-kvantede Baner i Neonatomet. Samtidig med at denne Forestilling giver en Forstaaelse af den Lighed i kvalitativ Henseende, som de kemiske Egenskaber af Stofferne i den sidste Del af henholdsvis den anden og tredie Periode i Grundstoffernes System udviser, aabner den en Mulighed for en naturlig Forklaring af den betydelige Forskel, der i kvantitativ Henseende findes hos Egenskaberne af disse Stoffer.

Gaar vi nu over til den 4de Periode af Grundstoffernes System, møder vi til at begynde med Stoffer, som i kemisk Henseende ligner Stofferne i Begyndelsen af de to foregaaende Perioder. Dette er ogsaa, hvad vi maatte vente. Vi maa saaledes forestille os, at den 19de Elektron vil blive bundet i en Bane af ny Type, og den nærmere Betragtning viser, at dette maa være en 4_1 Bane. De Forhold, som vi omtalte ved Bindingen af Elektronen i Natriumatomet, viser sig her endnu mere udprægede paa Grund af det større Kvantetal, hvormed de indre Elektroners Baner er kendetegnede. Saaledes vil, som Følge af den Omstændighed at den paagældende Bane, hvad dens indre Sløjfer angaar, falder meget nær sammen med en 3_1 Bane, Dimensionerne af de ydre Dele af Banen hos den 19de Elektron i Kaliumatomet ikke alene afvige stærkt fra Dimensionerne af en 4_1 Bane i Brintatomet, men maa ventes at falde nær sammen med en Brintbane af Typen 2_1, hvis Dimensioner er ca. fire Gange mindre end

Digitized by Google

den førstnævnte Brintbane. Dette Resultat tillader umiddelbart i Hovedtræk at gøre Rede for Kaliums spektrale og kemiske Egenskaber. Tilsvarende Resultater gælder for Calcium, i hvis neutrale Atom vi skal tænke os to Valenselektroner i ækvivalente 4_1 Baner. Gaar vi til Grundstoffer med højere Atomnummer, afviger imidlertid, som bekendt, Egenskaberne hos Stoffernes i den 4de Periode af Grundstoffernes System mere og mere fra tilsvarende Stoffer i de første Perioder, indtil vi i Jernmetallernes Familie møder Stoffer, der viser Egenskaber, som er væsentlig forskellige fra Stofferne i disse Perioder. Naar vi gaar til endnu højere Atomnumre, træffer vi paany ændrede Forhold, idet vi møder en Række Stoffer, der i deres kemiske Egenskaber nærmer sig mere og mere til Stofferne i den sidste Del af de forudgaaende Perioder, indtil vi endelig ved Atomnummeret 36 igen møder en inaktiv Luftart, nemlig Krypton.

Forhold af denne Art er nu netop, hvad vi maatte være forberedt paa at træffe. Medens Betragtningerne over Dannelsen og Stabiliteten af Atomkonfigurationerne for Stofferne af de tre første Perioder af Grundstoffernes System medfører, at enhver af de første 18 Elektroner i Atomet ogsaa i de følgende Elementer stadig vil blive bundet i en Bane af samme Type som den, hvormed den paagældende Elektron første Gang optræder, gælder dette, som man simpelt ser, ikke mere for den 19de Elektron. Med stigende Kerneladning og dermed følgende Formindskelse af Forskellen mellem de Kraftfelter, der hersker udenfor og indenfor Omraadet for Banerne af de 18 først bundne Elektroner, vil nemlig Dimensionerne af de Dele af en 4_1 Bane, der falder udenfor den nævnte Konfiguration mere og mere nærme sig til Dimensionerne af en 4-kvantet Bane beregnet ud fra den Antagelse, at man kan se bort fra Vekselvirkningen mellem Elektronerne i Atomet. Med stigende Atomnummer kommer der derfor snart et Øjeblik, hvor en 3_3 Bane vil svare til en fastere Binding af den 19de Elektron end en 4_1 Bane, og dette indtræffer allerede i Begyndelsen af den fjerde Periode. Medens vi ud af Kaliumspektret direkte kan læse, at Banen 4_1 vil svare til en mere end dobbelt saa fast Binding som Banen 3_3, der giver Anledning til det første Spektralterm i *D*-Rækken, stiller Forholdene sig allerede meget forskellige i Calcium. Her skal vi ikke se paa Buespektret, der udsendes under Ind-

Digitized by Google

fangningen af den 20nde Elektron, men paa Gnistspektret, der svarer til Indfangningen og Bindingen af den 19de Elektron. Medens Magniums Gnistspektrum, der — bortset fra, at der i Formlen (12) optræder en Konstant fire Gange saa stor som den Rydbergske Konstant — viser stor Lighed med Natriumspektret, hvad Værdierne for Spektraltermerne i de forskellige Rækker angaar, møder vi i Calciums Gnistspektrum det ejendommelige Forhold, at det første Term af D-Rækken er større end det første Term af P-Rækken og kun er meget lidt mindre end det første Term af S-Rækken, der maa tænkes at svare til Bindingen af den 19de Elektron i Calciumatomets Normaltilstand. Allerede for det næste Element, Scandium, maa vi derfor være forberedt paa, at en 3_3 Bane vil svare til en fastere Binding af den 19de Elektron end en 4_1 Bane. Den 19de Elektron i Scandiumatomet, der saaledes maa ventes at bindes i en 3_3 Bane, vil dog, som det følger af det foregaaende, være bundet langt løsere end de første 18 Elektroner i Atomet, hvilket ogsaa svarer til, at Scandium i kemiske Forbindelser optræder elektropositivt med tre Valenser. Gaar vi til de følgende Stoffer, vil der i Atomet optræde et større Antal af Elektroner i 3_3 Baner i Atomets Normaltilstand, idet Antallet af saadanne Elektronbaner vil afhænge af Fastheden af deres Binding, sammenlignet med Fastheden af Elektronbindingen i en 4_1 Bane, i hvilken Type af Baner vi maa tænke os, at i det mindste den sidst indfangne Elektron i Atomet vil bevæge sig. Vi møder derfor Forhold vedrørende Atomernes Stabilitet og Dannelse, der er væsensforskellige fra dem, vi har betragtet ved Omtalen af de forudgaaende Perioder af Grundstoffernes System, og som bevirker, at vi her, i Modsætning til tidligere, har at gøre med den successive Udvikling med stigende Atomnummer af en af de indre Elektrongrupper i Atomet, i vort Tilfælde af Gruppen af Elektroner i 3-kvantede Baner. Først naar Udbygningen af denne Gruppe vil være fuldendt, kan vi vente igen at faa en tilsvarende Ændring i Stoffernes Egenskaber med stigende Atomnummer, som den vi finder i de foregaaende Perioder i Grundstoffernes System. En Betragtning af Egenskaberne af Stofferne i den sidste Del af den fjerde Periode viser nu direkte, at den vedkommende Gruppe i sin færdige Form maa besidde 18 Elektroner, idet vi f. Eks. maa tænke os, at Krypton foruden Grupperne af 1, 2 og 3-kvantede Baner besidder en udpræget symme-

Digitized by Google

trisk Konfiguration af 8 Elektroner i 4-kvantede Baner bestaaende af fire 4_1 Baner og fire 4_2 Baner.

Spørgsmaalet er nu: Hvordan maa vi nærmere tænke os Gruppen af Elektroner i 3-kvantede Baner udformet? I Lighed med Konstitutionen af Elektrongruppen af 2-kvantede Baner kunde man maaske ved første Betragtning være tilbøjelig til at vente, at den fuldstændige Gruppe med 3-kvantede Baner vilde bestaa af tre Undergrupper med hver fire Elektroner med Baner henholdsvis af Typerne 3_1, 3_2 og 3_3, altsaa ialt kun 12 Elektroner i Stedet for 18, saaledes som det kræves for at gøre Rede for Grundstoffernes iagttagne Egenskaber. En nærmere Betragtning viser imidlertid, at en saadan Forventning heller ikke vilde være berettiget. Stabiliteten af den i Neon optrædende Konfiguration af 8 Elektroner med 2-kvantede Baner maa nemlig ikke alene tilskrives den symmetriske Konfiguration af Elektronbanerne i de to Undergrupper med henholdsvis 2_1 og 2_2 Baner, men ligesaa fuldt Muligheden for at bringe Banerne indenfor disse Undergrupper i harmonisk Forhold til hverandre. Anderledes stiller Forholdet sig imidlertid for Elektrongruppen med 3-kvantede Baner; her kan tre Undergrupper med hver fire Baner ikke ventes paa tilsvarende simpel Maade at kunne bringes i indbyrdes Sammenspil. Vi maa tværtimod tænke os, at Optagelsen af Elektroner i 3_3 Baner vil formindske Harmonien i Konfigurationen af Banerne indenfor de to første Undergrupper med 3-kvantede Baner, i det mindste naar vi ved stigende Atomnummer er naaet til et Punkt, hvor den 19de Elektron ikke mere som hos Scandium er bundet væsentlig løsere end de tidligere bundne Elektroner i 3-kvantede Baner, men er trukket saa dybt ind i Atomet, at den forløber væsentlig indenfor det samme Omraade af dette, hvor disse Elektroner bevæger sig. Vi maa nu tænke os, at denne Formindskelse af Harmonien saa at sige vil »aabne« den tidligere »lukkede« Konfiguration af Elektroner i 3_1 og 3_2 Baner og derved skabe Muligheden for Binding af yderligere Elektroner i Baner af disse Typer. Hvad Slutresultatet angaar, peger Tallet 18 paa, at der efter Gruppens endelige Udformning vil være tre Undergrupper med seks Elektroner hver. Selv om det ikke paa det nuværende Tidspunkt har været muligt indgaaende at følge de forskellige Trin i Gruppens Dannelse, støttes denne Slutning dog paa interessant Maade af den Omstændighed, at det er muligt at placere tre Konfigurationer hver med seks Elektron-

Digitized by Google

baner paa simpel Maade relativt til hverandre. Denne Konfiguration af Undergrupperne udviser imidlertid ikke en saaden tetraedral Symmetri som Gruppen af 2-kvantede Baner i Kulstof, men derimod en Symmetri der, hvad Banenormalernes relative Konfiguration angaar, kan betegnes som trigonal.

Trods den store Forskel i de paagældende Grundstoffers Egenskaber kan Fuldstændiggørelsen af Gruppen med 18 Elektroner i 3-kvantede Baner for en nærmere Betragtning siges at ytre sig paa en Maade analog med Fuldstændiggørelsen af Gruppen af 2-kvantede Baner, der, som vi har set, ikke alene betinger Neons Egenskaber som inaktiv Luftart, men ogsaa maa antages at betinge de foregaaende Stoffers elektronegative og de paafølgende Stoffers elektropositive Egenskaber. At vi ikke træffer en inaktiv Luftart med en ydre Gruppe af 18 Elektroner i 3-kvantede Baner forklares simpelt ved de langt større Dimensioner, som en 3_3 Bane har i Sammenligning med en 2_2 Bane, der bevæger sig under Indflydelse af samme Kraftfelt. Dette bevirker nemlig, at den førstnævnte Gruppe ikke kan optræde som yderste Gruppe i et neutralt Atom, men kun i positivt ladede Ioner. I det karakteristisk Fald i Valens hos Kobber i Sammenligning med de foregaaende Grundstoffer, som Optræden af Cupro-Ioner betegner, tør vi imidlertid se en lignende Tendens til Afslutning af en symmetrisk Elektronkonfiguration, som vi har lært at kende i den udprægede elektronegative Karakter af et Stof som Fluor. At vi i Cupro-Ionen virkelig har at gøre med en fuldstændig Gruppe af 3-kvantede Baner, faar vi direkte Oplysning om gennem Kobberspektret, der i Modsætning til de yderst komplicerede Spektre hos de foregaaende Stoffer, der maa tilskrives den usymmetriske Karakter af det indre System, besidder en simpel Bygning af en Type meget nær svarende til Natriumspektrets. Dette maa utvivlsomt tilskrives en lignende simpel symmetrisk Struktur hos Cupro-Ionen som hos Natrium-Ionen, selv om den forskellige Konstitution af den ydre Elektrongruppe i disse Ioner gør sig gældende i den betydelige Forskel i Spektraltermernes Værdier for Kobberspektret sammenlignet med Natriumspektret saavel som i Dubletafstanden i P-Termerne for de to Spektre. Paa den anden Side lærer Optræden af Cupri-Forbindelserne os, at Gruppen af 3-kvantede Baner ikke i Kobberatomet besidder en tilsvarende Fasthed med Hensyn til Elektronbindingen som Grup-

Digitized by Google

pen af 2-kvantede Baner i Natriumatomet. Først hos det næste Grundstof, Z i n k, der optræder udelukkende som divalent, er Gruppens Elektroner saa fast bundne, at de ikke kan afgives ved sædvanlige kemiske Processer.

De her fremsatte Forestillinger om Dannelsen og Bygningen af Atomerne hos Stofferne af den fjerde Periode i Grundstoffernes System tillader ikke alene i store Træk at gøre Rede for de kemiske og spektrale Egenskaber af disse Stoffer, men den faar ogsaa Støtte ved Betragtning af Egenskaber af anden Art end dem, vi hidtil har betragtet. Som det er vel kendt, udmærker Grundstofferne i den 4de Periode sig paa forskellig Maade fra Stofferne i de foregaaende Perioder, nemlig dels ved deres magnetiske Egenskaber, dels ved de karakteristiske Farver, som Forbindelserne af disse Stoffer udviser. Vel optræder der Paramagnetisme og Farver hos Stoffer i de foregaaende Perioder, men ikke i saadanne simple Forbindelser, hvor de paagældende Atomer optræder som Ioner. Mange Stoffer i den 4de Periode derimod viser netop i dissocierede, vandige Opløsninger udprægede paramagnetiske Egenskaber og karakteristiske Farver. Betydningen af disse Forhold har bl. a. været betonet af L a d e n - b u r g i Forbindelse med hans føromtalte Betragtninger over Fortolkningen af Egenskaberne hos Stofferne i de senere Perioder i Grundstoffernes System. I Modsætning til L a n g m u i r, — der for at gøre Rede for Forskellen mellem den 4de Periode og de forudgaaende Perioder i Systemet simpelthen antager, at Atomet udenom de Lag af Celler med hver 8 Elektroner, der benyttes til at anskueliggøre Egenskaberne hos Elementerne i de sidstnævnte Perioder, besidder et Lag af Celler med Plads til 18 Elektroner, der først er fuldt besat hos Krypton, som danner Afslutningen af den 4de Periode — tænker L a d e n b u r g sig, at der i Løbet af denne Periode af en eller anden ikke nærmere angivet Aarsag mellem den indre Elektronkonfiguration i Atomet, der allerede optræder i Argon, og den yderste Gruppe af Valenselektroner, udvikler sig et »Mellemlag«, hvis Dannelse begynder ved Scandium og er afsluttet netop ved Afslutningen af Jernmetallernes Familie. Til Støtte for denne Antagelse anfører Ladenburg ikke alene Betragtninger over de kemiske Egenskaber hos Stofferne indenfor den 4de Periode, men han henviser ogsaa til de ovenfor omtalte Egenskaber hos disse Stoffer,

Digitized by Google

idet han fremhæver, at Optræden af Paramagnetisme og Farve netop findes hos de Stoffer, hos hvis Atomer dette Mellemlag skulde være under Udvikling. Som det vil ses, udviser Ladenburgs Opfattelse visse formelle Lighedspunkter med den ovenfor givne Fortolkning af Fremkomsten af den 4de Periode i Grundstoffernes System, og det er nu af Interesse at se, at vore Betragtninger, baseret paa en direkte Undersøgelse af Betingelserne for Atomernes Dannelse, netop tilbyder Mulighed for Forstaaelse af de af Ladenburg fremdragne Forhold.

Hvad de magnetiske Egenskaber angaar, har vi i vore sædvanlige, elektrodynamiske Forestillinger vel ikke et tilstrækkeligt Grundlag til at gøre Rede for Atommagnetismen, hvad der dog ikke tør undre os, naar vi tænker paa, at disse Forestillinger ikke har vist sig i Stand til at gøre Rede for Straalingsfænomenerne, der netop er betinget af den intime Vekselvirkning mellem de fra Elektronernes Bevægelse hidrørende elektriske og magnetiske Kraftvirkninger. Hvordan disse Vanskeligheder end skal løses, ligger imidlertid den Antagelse nær, at en Optræden af Magnetisme som den, vi møder hos Stofferne i den 4de Periode i Grundstoffernes System, er betinget af en Mangel paa Symmetri i Atombygningen, hvorved de fra Elektronernes Bevægelse hidrørende magnetiske Kræfter hindres i at danne et System af lukkede, indenfor Atomerne selv forløbende Kraftlinier. Medens vi for Stofferne indenfor de forudgaaende Perioder i Systemet har antaget, at Ionerne, hvad enten de er positivt eller negativt ladede, indeholder Elektronkonfigurationer af udpræget symmetrisk Karakter, maa vi netop være forberedt paa at møde en udtalt Mangel paa Symmetri i Elektronkonfigurationen hos Ionerne af de Stoffer indenfor den 4de Periode, der indeholder en Elektrongruppe med 3-kvantede Baner, der befinder sig paa et Overgangstrin mellem en symmetrisk Konfiguration med henholdsvis 8 og 18 Elektroner. Som paapeget af Kossel, udviser de eksperimentelle Resultater en overordentlig Simpelhed, idet det magnetiske Moment hos Ionerne af de paagældende Grundstoffer er det samme hos Ioner, der indeholder det samme Antal Elektroner; f. Eks. udviser Ferri-Ioner samme Atommagnetisme som Mangano-Ioner, medens Mangani-Ioner udviser samme Atommagnetisme som Kromo-Ioner. I smukkeste Overensstemmelse med, hvad der oven-

Digitized by Google

for blev antaget om Bygningen af Atomerne hos Kobber og Zink, viser det sig nu, at Magnetismen netop forsvinder hos Ioner med 28 Elektroner, der som nævnt maa antages at indeholde en fuldstændig Gruppe af 3-kvantede Baner. I det hele giver Betragtninger af de magnetiske Egenskaber hos Stofferne indenfor den 4de Periode os en levende Forestilling om, hvordan vi hos de paagældende Stoffer iagttager et Saar i Atomernes ellers meget symmetriske indre Bygning, der, naar vi vandrer fra Stof til Stof, ses saavel at udvikles som at heles, og det maa forventes, at den nærmere Undersøgelse af de magnetiske Forhold vil kunne give en Ledetraad for den nøjere Forfølgning af den Maade, hvorpaa Udviklingen af Elektrongruppen af 3-kvantede Baner foregaar Skridt for Skridt.

Hvis vi vender os til Spørgsmaalet om Ionernes Farve, faar vi her en tilsvarende direkte Støtte for den udviklede Opfattelse af Atombygningen. Efter Kvanteteoriens Postulater maa vi tænke os, at Absorption saavel som Emission af Straaling foregaar ved Overgang mellem to stationære Tilstande. Optræden af Farver, d. v. s. Absorption af Lys svarende til det synlige Spektralomraade, lærer os derfor om Overgangsprocesser, der kan foregaa i Atomet, og som er ledsaget af Energiændringer af samme Størrelsesorden som de, vi iagttager i Stoffernes sædvanlige optiske Spektre. I Modsætning til Ionerne hos Elementerne af de foregaaende Perioder, hvor alle Elektronerne maa antages at være meget fast bundne, er Muligheden af saadanne Processer netop, hvad vi kan vente for Ionerne af de omhandlede Stoffer i den 4de Periode; thi, som vi har set, vil Udviklingen og Kompletteringen af Gruppen af Elektroner med 3-kvantede Baner foregaa saa at sige under Kappestrid med en Elektronbinding i højere-kvantede Baner, idet Antallet af optrædende 3-kvantede Baner netop er betinget af, at Elektronerne i disse Baner er bundne fastere end Elektroner i 4_1 Baner, og Udviklingen af den paagældende Gruppe vil derfor foregaa lige til det Punkt, hvor der saa at sige er Ligevægt mellem Bindingen i de to Slags Baner. Dette Forhold maa antages ikke alene at have nøjeste Forbindelse med Ionernes Farver, men ogsaa med de paagældende Stoffers Tilbøjelighed til at danne Ioner med flere forskellige Ladninger i Modsætning til Stofferne af de første Perioder, hvor Ladningen af Ioner i vandige Opløsninger altid er den samme for et og samme Stof.

Digitized by Google

For de paafølgende Perioder af Grundstoffernes System udvikler alle Betragtningerne sig nu af sig selv i fuldkommen Analogi med det, der hidtil er sagt. Ser vi saaledes paa de første Stoffer indenfor den 5te Periode, maa vi tænke os, at den 37te og 38te Elektron bindes i 5_1 Baner, hvad ogsaa en Undersøgelse af Rubidiums Buespektrum og Strontiums Gnistspektrum bekræfter. Som det sidste Spektrum viser, melder Baner 4_3 sig dog hurtigt, og i den paagældende Periode, der ligesom den 4de indeholder 18 Grundstoffer, maa vi tænke os, at vi er Vidne til Tilbagelæggelsen af et Stadium i Udviklingen af Elektrongruppen med 4-kvantede Baner. Denne Gruppe, hvis Dannelses første Stadium kan siges at være tilbagelagt i Krypton ved Optræden af en symmetrisk Konfiguration af 8 Elektroner bestaaende af to Undergrupper med hver fire Elektroner i 4_1 og 4_2 Baner, maa i Sølv tænkes at have opnaaet en anden foreløbig Afslutning ved Optræden af en symmetrisk Konfiguration af 18 Elektroner, bestaaende af tre Undergrupper med hver seks Elektroner i Baner af Typerne 4_1, 4_2 og 4_3. Alt hvad vi har sagt om Omdannelsen af Elektrongruppen med 3-kvantede Baner gælder nemlig uforandret for det omhandlede Stadium af Omdannelsen af Gruppen med 4-kvantede Baner, idet vi paa intet Punkt har gjort Brug af de absolute Værdier af Kvantetallene eller af nærmere Antagelser om Banernes Form, men blot om Antallet af mulige Banetyper, der kunde komme i Betragtning. Paa samme Tid er det af Interesse at nævne, at de paagældende Elementers Egenskaber, sammenlignet med dem af den foregaaende Periode, dog viser en Forskel, der netop svarer til, hvad man skulde vente efter den antagne Forskel i Banetyperne. I den femte Periode kommer saaledes Forskellen fra de for Stofferne i den anden og tredie Periode karakteristiske Valensforhold senere for Dagen end hos Stofferne i den fjerde Periode; medens et Stof som Titan i den fjerde Periode allerede viser en udpræget Tilbøjelighed for at optræde med forskellige Valenser, er et Stof som Zirkon endnu rent firevalent ligesom Kulstof i den anden Periode og Silicium i den tredie. En simpel Undersøgelse af Elektronbanernes kinematiske Forhold viser nu netop, at en Elektron i en ekscentrisk 4_3 Bane hos et Stof i den femte Periode vil være betydelig løsere bundet end en Elektron i en cirkulær 3_3 Bane hos det tilsvarende Stof i den fjerde Periode, medens Elek-

Digitized by Google

troner, som i disse Stoffer er bundne i ekscentriske Baner af henholdsvis 5_1 og 4_1 Typen vil svare til en omtrentlig lige fast Binding.

Ved Afslutningen af den 5te Periode maa vi tænke os, at vi i Xenon, der har Atomnummeret 54, møder en Konfiguration, hvor der foruden de omtalte Konfigurationer af to 1-kvantede, otte 2-kvantede, atten 3-kvantede og atten 4-kvantede Baner optræder en symmetrisk Konfiguration af 8 Elektroner i Baner, bestaaende af to Undergrupper med hver 4 Elektroner i henholdsvis 5_1 og 5_2 Baner. Betragter vi Atomerne hos Stoffer med endnu højere Atomnumre, maa vi først og fremmest, som Spektrene af Cæsium og Barium lærer os, antage, at i disse Metallers Atomer den 55nde og 56nde Elektron bindes i 6_1 Baner; men vi maa nu være forberedt paa snart at træffe helt nye Forhold. Vi maa nemlig vente, at der med stigende Kerneladning ikke alene vil komme et Øjeblik, hvor en Elektron i en 5_3 Bane vil være bunden fastere end i en 6_1 Bane; men vi maa ogsaa vente, at det Øjeblik vil komme, hvor under Atomets Dannelse den 47nde Elektron ikke mere vil indfanges i en 5_1 Bane, men hvor en 4_4 Bane vil repræsentere en fastere Binding af denne Elektron, ganske paa samme Maade som vi ved Stofferne af den tredie Gruppe mødte det Øjeblik, hvor for første Gang den 19de Elektron bandtes i en 3_3 Bane i Stedet for i en 4_1 Bane. Er vi naaet til dette Punkt, maa vi vente med stigende Atomnummer at møde en Række paa hinanden følgende Stoffer, der ligesom Stofferne i Jernmetallernes Familie har meget nær de samme Egenskaber, kun at dette Forhold vil fremtræde i endnu højere Grad, fordi vi her har at gøre med den successive Omdannelse af en Elektronkonfiguration, der befinder sig dybere inde i Atomet. De vil allerede have forstaaet, at hvad jeg sigter til er en simpel Fortolkning af Optræden af de saakaldte sjældne Jordarters Familie i Begyndelsen af den 6te Periode indenfor Grundstoffernes System. Ligesom ved den tidligere betragtede Omdannelse og Komplettering af Gruppen med 3-kvantede Baner i Systemets 4de Periode og den delvise Komplettering af Gruppen med 4-kvantede Baner i den 5te Periode, kan vi her umiddelbart ud fra Længden af den 6te Periode paa Forhaand være sikre paa Antallet af Elektroner, nemlig 32, der indgaar i den betragtede Gruppe af Elektroner med 4-kvantede Baner efter denne Gruppes endelige Udvikling. I Analogi med hvad

Digitized by Google

der gjaldt for Gruppen af 3-kvantede Baner, ligger den Slutning nær, at den færdige Gruppe vil indeholde 8 Elektroner i hver af de fire Undergrupper. Selv om det endnu ikke har været muligt at følge Gruppens Udvikling Skridt for Skridt, kan vi imidlertid ogsaa her allerede ud fra simple Betragtninger finde Støttepunkter for en teoretisk Forstaaelse af Optræden af en symmetrisk Konfiguration med netop dette Elektrontal. Jeg skal blot nævne, at det ikke er muligt uden Sammenfald af Baneplaner at opnaa et lignende simpelt Vekselspil mellem fire Undergrupper med hver seks Elektroner i en Banekonfiguration af trigonal Symmetri, som det der tilbyder sig for tre saadanne Undergrupper, samt at de Vanskeligheder, vi møder herved, gør det sandsynligt, at et harmonisk Sammenspil netop kan opnaas for fire Grupper med hver 8 Elektroner, hvis Banekonfigurationer udviser aksial Symmetri.

Ligesom det var Tilfældet ved Jernmetallernes Familie i den 3die Gruppe, støttes den fremsatte Fortolkning af Fremkomsten af de sjældne Jordarters Familie paa interessant Maade af en Undersøgelse af disse Stoffers magnetiske Egenskaber. Til Trods for den store Lighed i kemisk Henseende viser saaledes Medlemmerne af den sidstnævnte Familie meget forskellige magnetiske Forhold, og medens nogle af dem kun viser ringe Magnetisme, viser andre et større magnetisk Moment pr. Atom end noget andet undersøgt Stof. Ogsaa for de ejendommelige Farver, hvormed Forbindelserne af de omhandlede Stoffer optræder, opnaar vi Mulighed for en simpel Fortolkning analog med de ved Omtalen af den 4de Periode fremsatte Betragtninger.

Foruden den endelige Udformning af Gruppen med 4-kvantede Baner iagttager vi hos Stofferne i den 6te Periode af Grundstoffernes System det andet Stadium af Udformningen af Gruppen med 5-kvantede Baner i Fremkomsten af Platinmetallernes Familie, samt det første foreløbige Stadium i Udformningen af en Elektrongruppe med 6-kvantede Baner, nemlig hos den radioaktive, kemisk inaktive Luftart Niton, der danner Afslutningen paa denne Periode. I Atomet af dette Stof maa vi, foruden Elektrongrupper med henholdsvis to 1-kvantede, otte 2-kvantede, atten 3-kvantede, to og tredive 4-kvantede og atten 5-kvantede Baner, tænke os en ydre symmetrisk Konfiguration af otte Elektroner i 6-kvantede Baner, bestaa-

Digitized by Google

ende af to Undergrupper med hver fire Elektroner i henholdsvis 6_1 og 6_2 Baner.

Rent bortset fra den fundamentale Forskel, der ligger deri, at vi i Modsætning til Langmuirs statiske Modeller betragter Konfigurationer af Elektroner, der bevæger sig med store Hastigheder mellem hverandre paa en saadan Maade, at Elektronerne i de »ydre« Grupper under deres Omløb trænger ind paa Omraadet for Banerne af Elektronerne i de »indre« Grupper, vil det ses, at den Gruppedeling i Atomet, som vi ved direkte Betragtning af Atomernes Dannelse er blevet ført til f. Eks. for Niton, er væsentlig forskellig fra den Gruppedeling, der i Langmuirs Teori benyttes i Forsøget paa at fortolke Stoffernes Egenskaber. Paa lignende Maade som vi nævnte ved Spørgsmaalet om Forskellen mellem de kemiske Egenskaber af Stofferne i den 4de Periode af Grundstoffernes System og Egenskaberne hos Stofferne i de foregaaende Perioder antager saaledes Langmuir for at forklare Egenskaberne hos Stofferne i den 6te Periode, at Atomet udenom de indre Cellelag med henholdsvis 2, 8, 8, 18 og 18 Elektroner, der benyttes til at gøre Rede for Egenskaberne hos Stofferne i de tidligere Perioder, besidder et Lag af Celler med Plads til 32 Elektroner, der netop er udfyldt i Niton. [Tilføjelse efter Foredraget: Det er i denne Forbindelse af Interesse at nævne et nyligt udkommet Arbejde af Bury, som jeg lige har faaet Lejlighed til at gøre mig bekendt med, og som indeholder en interessant Gennemgang af Grundstoffernes kemiske Egenskaber, belyst ud fra lignende Forestillinger om Atombygningen som Lewis' og Langmuirs. Bury fremhæver med Styrke, at en Redegørelse for Egenskaberne hos Stofferne i de senere Perioder af Grundstoffernes System, langt naturligere end den af Langmuir foreslaaede, opnaas ved at antage, ikke alene at Fremkomsten af den 4de og 5te Periode i Systemet — i Lighed med hvad allerede Ladenburg havde foreslaaet — hidrører fra Komplettering af indre Elektrongrupper, men at ogsaa Fremkomsten af de sjældne Jordarters Familie i den 6te Periode hidrører fra en Komplettering af en indre Gruppe i Atomet; en Opfattelse som iøvrigt allerede Vegard har gjort sig til Talsmand for i Sammenhæng med sine Undersøgelser over Røntgenspektrene. Bury omtaler min første Note til »Nature«, hvori det her udviklede Billede af Atomet fremsattes i Hovedtræk,

Digitized by Google

uden at han dog tager Stilling til Spørgsmaalet om Aarsagen til Fremkomsten og Stabiliteten af de forskellige Grupper i Atomet.]

Betragter vi endelig den 7ende og sidste Periode i Grundstoffernes System, maa vi vente Optræden i Atomernes Normaltilstand af 7-kvantede Baner. I det neutrale Radium-Atom vil der saaledes, foruden en Elektronkonfiguration svarende til den i Niton, optræde to Elektroner i 7_1 Baner, der under deres Omløb ikke alene vil trænge ind i Omraadet for Elektronbanerne med lavere Værdi for Hovedkvantetallet, men endda helt ind til Afstande fra Kernen mindre end Baneradierne af de inderste 1-kvantede Baner. Hvad Egenskaberne hos Stofferne i den 7ende Periode angaar, minder de meget om Egenskaberne hos Stofferne i den 5te Periode. I Modsætning til hvad der gjaldt for den 6te Periode optræder der i Begyndelsen af den 7ende Periode saaledes ikke Stoffer, hvis Egenskaber ligner hinanden paa en Maade, der svarer til Ligheden i kemisk Henseende mellem Medlemmerne af de sjældne Jordarters Familie. I nøje Analogi med hvad vi har sagt om Forholdet imellem Egenskaberne hos Stofferne i den 4de og 5te Periode, fortolkes dette Forhold simpelt derved, at en ekscentrisk 5_4 Bane vil svare til en betydelig løsere Binding af den 79nde Elektron i Atomet hos et Stof i den 7ende Periode end Bindingen af den 47nde Elektron i en cirkulær 4_4 Bane hos det tilsvarende Stof i den 6te Periode, medens der vil være en langt mindre Forskel paa Fastheden af Bindingen af de nævnte Elektroner i Baner af henholdsvis Typerne 6_1 og 5_1.

Som bekendt er den 7ende Periode hidtil ikke afsluttet, idet intet Stof er fundet, der har et Atomnummer større end 92, hvad der antagelig hænger sammen med, at de sidste Stoffer i Systemet er radioaktive, og at Atomkerner med en samlet Ladning af mere end 92 ikke vil være tilstrækkelig stabile til at eksistere under Forhold, hvor Elementernes Egenskaber kan iagttages. Det kunde være fristende at søge at gøre sig Forestillinger om Bygningen af Atomer, dannede ved Indfangning og Binding af Elektroner omkring Atomkerner med saadanne højere elektriske Ladninger, og derigennem om de Egenskaber, der kunde ventes hos de dertil svarende hypotetiske Stoffer. Jeg skal imidlertid ikke komme nærmere ind herpaa, idet Arten af de Forestillinger, hvortil vi vilde blive ført, vil være Dem klar af de Betragtninger, jeg her har fremsat om Fortolkningen af

Digitized by Google

de virkelig iagttagne Stoffers Egenskaber. En Oversigt over Resultaterne af disse Betragtninger faar De maaske bedst ved følgende Tabel, der giver en skematisk Fremstilling af Forestillingerne om Atombygningen hos de inaktive Luftarter, der danner Afslutningen

Grundstof	Atomnum.	Antal af Elektroner i n_k Baner.																							
		1_1	2_1	2_2	3_1	3_2	3_3	4_1	4_2	4_3	4_4	5_1	5_2	5_3	5_4	5_5	6_1	6_2	6_3	6_4	6_5	6_6	7_1	7_2	7_3
Helium .	2	2																							
Neon . .	10	2	4	4																					
Argon . .	18	2	4	4	4	4	—																		
Krypton	36	2	4	4	6	6	6	4	4	—	—														
Xenon. .	54	2	4	4	6	6	6	6	6	6	—	4	4	—	—	—									
Niton . .	86	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6	—	—	4	4	—	—	—	—			
? . .	118	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	—	6	6	6	—	—	—	4	4	—

paa de seks første Perioder i Grundstoffernes System. For at understrege Tendensen er yderligere angivet den formodentlige Elektronfiguration af det næste Atom, der vilde besidde lignende Egenskaber som Atomerne af de omhandlede Stoffer.

Før jeg forlader Spørgsmaalet om Fortolkningen af Grundstoffernes kemiske Egenskaber ud fra vort Billede af Atombygningen, vil jeg gerne endnu engang minde om, at de fremsatte Betragtninger hviler paa en Undersøgelse — baseret paa Kvanteteoriens Postulater — af de Processer, der maa tænkes knyttet til D a n n e l s e n af et Atom ved Indfangningen af Elektronerne en efter en. Det Hovedsynspunkt, der er lagt til Grund for denne Undersøgelse, finder sit Udtryk i det saakaldte Korrespondensprincip, der bag Kvanteteoriens Anvendelser lader ane en indre Sammenhæng af en lignende Art som den, der findes i de klassiske Forestillinger om elektrodynamiske Processer, der til Trods for deres udstrakte Anvendelighed paa mange fysiske Fænomener dog har vist sig ude af Stand til at gøre Rede for den af Stoffernes Egenskaber krævede S t a b i l i t e t hos Atombygningen. Selv om det har været muligt paa mange Punkter at uddybe Betragtningerne i betydelig højere Grad, end Tiden her har tilladt mig at give Dem noget Indtryk af, har man dog endnu ikke ved en direkte Anvendelse af Korrespondensprincippet kunnet forfølge alle

Digitized by Google

Stadier i Atomernes Dannelse paa en saadan Maade, at man f. Eks. kan sige, at de Resultater, der fremtræder i ovenstaaende Tabel, i alle Enkeltheder kan betragtes som det entydige Resultat af en saadan Anvendelse. Paa den anden Side synes det, at allerede den Tendens, der ligger i Betragtningerne, stiller de empiriske Data i et Lys, der næppe tillader nogen væsentlig anden Fortolkning af Stoffernes Egenskaber udfra Kvanteteoriens Postulater. Dette gælder ikke alene om Seriespektrene og deres nøje Sammenhæng med Stoffernes kemiske Egenskaber, til Betragtning af hvilke vi direkte førtes ved Undersøgelse af de Processer, der er knyttet til Atomernes Dannelse, men i fuldt saa høj Grad om Røntgenspektrene, hvis Betragtning fører os ind paa Undersøgelsen af indre-atomiske Processer af en helt anden Art. Som vi har nævnt, maa vi nemlig tænke os, at Udsendelsen af de sidste Spektre er knyttet til Processer, hvorved det færdigt dannede Atom reorganiseres efter en senere Forstyrrelse, frembragt i Atomets Indre ved ydre Kræfters Indgreb.

* *
*

For Røntgenspektrenes Vedkommende har det ligesom for Seriespektrene været muligt at opfatte Svingningstallene for de enkelte Linier som Differenser (Kombinationer) mellem en Række Spektraltermer karakteristiske for det betragtede Stof. Tydet ud fra Kvanteteoriens almindelige Frekvensbetingelse (1) skal vi derfor tænke os, at enhver Røntgenlinie fremkommer ved en Overgang mellem to blandt et vist Antal af stationære Tilstande af Atomet. Værdierne for Atomets Energi svarende til disse Tilstande benævner man ofte som de til Røntgenspektrene svarende »Energiniveauer«. Som allerede nævnt i Begyndelsen af Foredraget kommer den store Forskel imellem Røntgenspektrenes og Seriespektrenes Oprindelse imidlertid tydeligt for Dagen ved de forskellige Love, der gælder for Stoffernes Absorption af Straaling i Røntgenomraadet og i det optiske Omraade. Medens Absorptionen i det sidstnævnte Omraade under sædvanlige Forhold er knyttet til saadanne Linier i Seriespektrene, der svarer til Kombinationer mellem to Spektraltermer, hvoraf det ene er det størst forekommende — og derfor Absorptionen maa tilskrives en Proces, hvorved den sidst indfangne Elektron i Atomet fra sin Bane i dettes Normaltilstand bringes over i en Bane, svarende til et tidligere

Digitized by Google

Stadium af Bindingsprocessen — viser Absorptionen i Røntgenomraadet sig at være knyttet ikke til selve Linierne i Røntgenspektrene, men til udstrakte Spektralomraader, der tager deres Begyndelse ved de saakaldte »Absorptionskanter«, hvis Svingningstal, i det mindste med stor Tilnærmelse, har vist sig netop at svare til de Termer, af hvis Kombination de enkelte Linier i Spektret fremgaar. Vi maa derfor tænke os, at Atomet ved Absorption fra Normaltilstanden kan bringes over til enhver blandt de stationære Tilstande, ved Overgang mellem hvilke Røntgenspektrets Linier udsendes, og for hvilke Atomets Energi svarer til de ovennævnte Niveauer. Vi skal nu se, hvorledes det Billede af Atombygningen, der er udviklet i det foregaaende, tillader en simpel Fortolkning af disse Forhold, naar vi spørger om, hvilke Ændringer i Atomets Tilstand der kan ventes frembragt ved Absorption af Straaling, og hvilke efterfølgende Udstraalingsprocesser en saadan Ændring kan give Anledning til.

At vi ved Bestraaling overhovedet kan ændre Bevægelsen af en Elektron i Atomets Indre maa først og fremmest tænkes at staa i nøjeste Forbindelse med den Karakter af Vekselspillet mellem Elektronerne indenfor de enkelte Grupper, som vi blev ført til ved Betragtning af Muligheden for Atomernes Dannelse ved Elektronernes successive Binding, og som — i Modsætning til Bevægelsesformer ved hvilke Elektronernes Stilling hvert Øjeblik udviser polygonal eller polyhedral Symmetri, — medfører, at de harmoniske Svingningskomponenter i de enkelte Elektroners Bevægelse i Almindelighed er repræsenteret i Atomets resulterende elektriske Moment. Dette bevirker nemlig, at det vil være muligt ved en Proces, der besidder den krævede Analogi med det Billede af en Absorptionsproces, som vilde svare til vore sædvanlige elektrodynamiske Forestillinger, at udløse en enkelt Elektron af Vekselspillet med de andre Elektroner i samme Gruppe. De Synspunkter, som vi har lagt til Grund for Fortolkningen af Elektrongruppernes Udformning og Afslutning under Atomets Dannelse, fører paa den anden Side med sig, at en Ændring af Atomets Tilstand, frembragt ved Bestraaling, lige saa lidt som en til Udsendelse af Straaling knyttet Ændring i Elektronernes Bevægelse, kan resultere i Optagelsen af en ny Elektron i nogen Gruppe i Atomet af forud afsluttet Karakter. Dette betyder, at en Elektron, der tilhører en af Atomets indre Grupper, ved en Absorptionsproces — dersom den ikke fuldstændigt frigøres fra Atomet — kun kan overføres til en Gruppe

Digitized by Google

af uafsluttet Karakter eller til en Bane, hvor Elektronen under Størstedelen af sit Omløb bevæger sig i en Afstand fra Kernen, der er stor i Forhold til de andre Elektroners Afstande. Paa Grund af de særegne Stabilitetsforhold, der, som vi har set, behersker Optræden af ufuldstændige Grupper i det Indre af Atomet, vil imidlertid den Energi, der er nødvendig for Overførelsen af en Elektron til en saadan Gruppe, i Almindelighed kun afvige meget lidt fra den, der kræves til at fjerne vedkommende Elektron fuldstændigt fra Atomet. I første Tilnærmelse kan vi derfor sige, at de til Absorptionskanterne svarende Energiniveauer lærer os om det Arbejde, der skal til for at fjerne en Elektron i en af de indre Grupper fuldstændigt fra Atomet. Hvad dernæst Fremkomsten af Røntgenspektrenes Emissionslinier ved Overgange mellem de til disse Niveauer svarende Tilstande i Atomet angaar, giver de omhandlede Synspunkter os et tilsvarende Grundlag for Forstaaelsen af Iagttagelserne. Den ovenfor beskrevne Form af Vekselspillet mellem Elektronerne i Atomets Grupper fører nemlig med sig, at enhver Elektron i Atomet saa at sige er forberedt paa, uafhængig af de andre Elektroner i samme Gruppe, at gribe enhver Lejlighed, der tilbyder sig for en fastere Binding ved Optagelse i en Elektrongruppe med Baner svarende til mindre Værdier for Hovedkvantetallet. Ud fra de Synspunkter, vi har lagt til Grund for Atomets Opbygning, er det imidlertid indlysende, at en saadan Lejlighed er til Stede, saasnart en Elektron er fjernet fra en af disse Grupper.

Samtidig med, at det omhandlede Billede af Atomet saaledes utvungent fører til en Opfattelse af Røntgenspektrenes Fremkomst og Absorptionsforhold, der stemmer nøje overens med de Synspunkter, ud fra hvilke Kossel paa formel Maade har søgt at fortolke Iagttagelserne, tillader det at give en simpel Forstaaelse af de kvantitative Relationer gældende for Røntgenliniernes Svingningstal, som Moseleys og Sommerfelds Undersøgelser har lært os at kende. Som vi har set, bragte disse Undersøgelser en ejendommelig og overraskende Lighed for Dagen mellem Røntgenspektret af et givet Stof og det Spektrum, der maatte ventes at fremkomme ved Atomkernens Binding af en enkelt Elektron. Denne Lighed forstaas umiddelbart, naar vi tænker paa, at der i Atomets Normaltilstand vil findes Elektroner i Baner, der, med en vis Begrænsning, svarer til alle Stadier af en saadan Bindingsproces, samt at der, naar en Elek-

Digitized by Google

tron er fjernet fra sin oprindelige Plads i Atomet, indenfor det forstyrrede Atom vil kunne udløses Processer, der svarer til alle af Korrespondensprincippet tilladte Overgange mellem disse Stadier. Disse Omstændigheder bringer os med et Slag ud over de Vanskeligheder, som man tilsyneladende møder, dersom man forsøger at gøre Rede for Røntgenspektrenes Fremkomst ved Hjælp af et Billede af Atomet, egnet til en Fortolkning af Grundstoffernes periodiske System. Denne Vanskelighed har været følt i den Grad, at den f. Eks. har ført Sommerfeld til i sine senere Arbejder at antage, at Elektronfigurationerne i de forskellige Atomer af et og samme Stof allerede under sædvanlige Omstændigheder kan være forskellige. Idet han i Modsætning til vore Forestillinger tænker sig, at alle Elektronerne i Atomets Hovedgrupper bevæger sig i ækvivalente Baner, tvinges han nemlig til at antage, at disse Grupper i de forskellige Atomer er forskelligt udformede, svarende til forskellige mulige Typer af Baneformer. En saadan Antagelse forekommer imidlertid uforenelig med en Fortolkning af den bestemte Karakter af Stoffernes karakteristiske fysiske og kemiske Egenskaber og staar, som det vil ses, i den mest iøjnefaldende Modstrid med de Synspunkter om Atomernes Stabilitetsforhold, der er lagt til Grund for det her fremsatte Billede af Atombygningen.

Det er i denne Forbindelse af Interesse at fremhæve, at Gruppedelingen af Elektronerne i Atomet, — som i Overensstemmelse med vort Billede af Atombygningen ligger til Grund saavel for Fortolkningen af det periodiske System som af Klassificeringen af Linierne i Røntgenspektrene, — iøvrigt ytrer sig paa helt forskellig Maade i de kemiske Egenskaber og de røntgenspektroskopiske Fænomener. Medens den karakteristiske Ændring af de kemiske Egenskaber med Atomnummeret skyldes den gradvise Udformning og Komplettering af Grupperne af de løsest bundne Elektroner, har den for Røntgenspektrene karakteristiske Mangel paa saa at sige ethvert Spor af en periodisk Ændring med Atomnummeret sin Grund ikke alene deri, at Elektronkonfigurationen for de afsluttede Gruppers Vedkommende, hvad de optrædende Banetyper angaar, gentages uforandret for stigende Atomnummer, men lige saa meget i den gradvise Maade, hvorpaa de uafsluttede Grupper ifølge vore Betragtninger udformes, og som har til Følge, at en Banetype, fra det Øjeblik hvor den for første

Digitized by Google

Gang optræder i Normaltilstanden af det neutrale Atom, stadig vil optræde i denne Tilstand og vil svare til en Binding af de paagældende Elektroner, hvis Fasthed vokser jævnt med Atomnummeret. Den Udformning af Grupperne i Atomet med stigende Atomnummer, der behersker Stoffernes kemiske Egenskaber, kommer i Røntgenspektrene derfor kun direkte for Dagen ved Optræden af nye Linier i Spektrene, efterhaanden som der i Atomet optræder Elektronbaner af nye Typer. Til en Forbindelse af denne Art mellem det periodiske System og Røntgenspektrene har allerede S w i n n e henvist i Tilknytning til K o s s e l s Teori. [T i l f ø j e l s e e f t e r F o r e d r a g e t: Som Hr. C o s t e r venligt har meddelt mig, har han i den sidste Tid i Sammenhæng med Fortsættelsen af sine nedenfor omtalte, betydningsfulde Undersøgelser over Røntgenspektrenes formelle Udredning opnaaet Resultater, der paa interessant Maade synes at støtte de Antagelser om den gradvise Udformning af Elektrongrupperne i Atomet, som faar deres Udtryk i den i Tabellen paa Side 210 antydede Opbygning af de inaktive Luftarters Atomer]. Iøvrigt kan vi kun for saadanne røntgenspektroskopiske Fænomener, hvor Forholdene ved Atomets »Overflade« kommer direkte i Betragtning, vente nogen nærmere Forbindelse mellem disse Fænomener og Stoffernes kemiske Egenskaber. I Overensstemmelse med hvad der er bragt for Dagen ved Undersøgelser over Absorptionen af Røntgenstraaler i Stoffer af lavere Atomnummer, som i de sidste Aar er udførte i det fysiske Laboratorium i Lund, forstaar vi saaledes umiddelbart, at Absorptionskanternes Beliggenhed og eventuelle Struktur i nogen Grad afhænger af den fysiske og kemiske Tilstand, hvori det undersøgte Stof befinder sig, medens en saadan Afhængighed ikke gør sig gældende for de karakteristiske Emissionslinier i Røntgenspektrene.

Ved et Forsøg paa en nærmere Fortolkning af Iagttagelserne ud fra vore Forestillinger om Atombygningen møder vi Spørgsmaalet om, hvilken Indflydelse Tilstedeværelsen af de andre Elektroner i Atomet vil have paa Fastheden af Bindingen af en Elektron i en bestemt Banetype. Denne Indflydelse vil, som man umiddelbart ser, være mindst for de indre Dele af Atomet, hvor for enhver Elektron Kernens Tiltrækning er stor i Forhold til Frastødningen fra de andre Elektroners Side. Det maa i denne Forbindelse ogsaa erindres, at medens den relative Indflydelse af de andre Elektroners Tilstede-

Digitized by Google

værelse paa Bindingens Fasthed med voksende Kerneladning vil aftage, vil Virkningen af Elektronmassens Foranderlighed med Hastigheden paa Bindingens Fasthed, saaledes som det fremgaar af Sommerfelds Formel (11), vokse stærkt, naar Kerneladningen tiltager. Medens vi derfor for de Niveauer, der svarer til Fjernelsen af en af de inderste Elektroner i Atomet, faar en nogenlunde god Overensstemmelse allerede ved Brug af den simple Formel (11), er det imidlertid for blot en tilnærmet Redegørelse for de Niveauer, der svarer til en Fjernelse af en Elektron fra en af de ydre Grupper i Atomet, nødvendigt at tage de andre Elektroners Indflydelse i Betragtning. Til Gengæld byder imidlertid netop denne Omstændighed os en Mulighed for ved Hjælp af Røntgenspektrene at faa Oplysninger om Elektronfigurationerne i Atomernes Indre. Over dette Spørgsmaal er der anstillet talrige indgaaende Undersøgelser saavel af Sommerfeld og hans Elever, som af Debye, Vegard og andre. I denne Forbindelse kan det ogsaa bemærkes, at de Broglie og Dauvillier i et nylig offentliggjort Arbejde har ment i det eksperimentelle Materiale at kunne finde Støttepunkter for Antagelser om Elektrontallene i Atomets Grupper, til hvilke Dauvillier var blevet ført ved lignende Betragtninger over det periodiske System, som de der er blevet fremsat af Langmuir og Ladenburg. Ved de i Sammenhæng med disse Undersøgelser udførte Beregninger er det antaget, at Elektronerne i de forskellige Grupper af Atomet bevæger sig i adskilte koncentriske Omraader af dette, saaledes at Virkningen af Tilstedeværelsen af Elektronerne i indre Grupper paa Bevægelsen af Elektronerne i ydre Grupper i første Tilnærmelse maa ventes at bestaa i en simpel »Afskærmning« af den fra Kernen udgaaende Tiltrækning. Paa Grundlag af et Billede af Atombygningen som det her fremsatte stiller Forholdene sig imidlertid væsentlig anderledes, idet det for Beregningen af Elektronbindingens Fasthed er nødvendigt at tage Hensyn til, ikke alene at Elektronerne i de løsere bundne Grupper under Størstedelen af deres Omløb bevæger sig udenom de fastere bundne Elektroners Baner, men ogsaa at Elektronerne i Almindelighed under en vis Brøkdel af deres Omløb vil trænge ind i Omraadet for Elektronbanerne i de fastere bundne Grupper. Paa Grund af denne sidstnævnte Omstændighed, hvis Indflydelse vi har set Eksempler paa ved Betragtningen af Seriespektrene, kan vi ikke

Digitized by Google

vente at gøre Regnskab for Fastheden af Bindingen af de enkelte Elektroner ved en simpel »Afskærmningskorrektion«, bestaaende i et Fradrag af en konstant Størrelse i Værdien for N i saadanne Formler som (5) og (11). Hertil kommer endvidere, at man ved Beregning af det til Energiniveauerne svarende Arbejde maa tage Hensyn ikke alene til Vekselvirkningen mellem Elektronerne i Atomets Normaltilstand, men ligeledes til de Ændringer i de øvrige Elektroners Konfiguration og Vekselvirkning, der uden Udsendelse af Straaling indstiller sig automatisk under den paagældende Elektrons Fjernelse fra sin Plads i Atomet. Selv om saadanne Beregninger endnu ikke er gennemført med nogen større Tilnærmelse, har en foreløbig Undersøgelse dog allerede vist, at det er muligt tilnærmelsesvis at gøre Rede for de eksperimentelle Resultater ud fra de Antagelser om Elektronkonfigurationernes Beskaffenhed, som Betragtningerne over Atomernes Dannelse har ført os til.

Uafhængig af Spørgsmaalet om Udformningen af bestemte Forestillinger om Atombygningen er det i den allersidste Tid lykkedes ved en formel Anvendelse af Kossels og Sommerfelds Teorier paa detailleret Maade at gøre Rede for det store Iagttagelsesmateriale angaaende Røntgenspektrene og de til disse svarende Niveauer, der først og fremmest er fremskaffet ved de nøjagtige Maalinger af disse Spektre, der i de sidste Aar er udført af Siegbahn og hans Medarbejdere. Ved denne Udredelse af Erfaringsmaterialet, i hvilken foruden Sommerfeld og hans Elever, navnlig Smekal og Coster har taget Del, er man saaledes ført til Erkendelsen af Muligheden for en fuldstændig Klassification af de til Røntgenspektrene svarende Energiniveauer, baseret paa en formel Henføring til Banetyper, karakteriseret ved to Kvantetal n og k, samt til Opstillingen af bestemte Regler for Kombinationsmulighederne mellem de saaledes klassificerede Niveauer. Herigennem er der naaet flere Resultater af stor Interesse for den nærmere Belysning af Røntgenspektrenes Fremkomst. For det første har det ikke alene været muligt at finde Niveauer, der indenfor visse Grænser svarer til alle mulige Talpar for n og k, men det har vist sig, at der i Almindelighed til hvert saadant Talpar maa tilskrives mere end et Niveau. Dette Resultat, der i første Øjeblik kunde forekomme overraskende ud fra vort Billede

Digitized by Google

af Atombygningen, tillader imidlertid ved nærmere Betragtning en simpel Fortolkning. Vi maa nemlig, som ovenfor berørt, huske paa, at Niveauerne ikke alene er betinget af Atomets Konstitution i Normaltilstanden, men lige saa meget af de Elektronkonfigurationer, der optræder efter Fjernelsen af en af Elektronerne i Atomets Indre, og som i Modsætning til Normaltilstanden netop ikke besidder en entydig afsluttet Karakter. Betragter vi saaledes en Proces, hvorved en af Elektronerne i en Gruppe (Undergruppe) fjernes, maa vi derfor være forberedt paa, at Banerne af de resterende Elektroner i denne Gruppe efter Processen vil kunne være orienteret paa mere end en Maade i Forhold til hverandre i Konfigurationer, der opfylder de af Kvanteteorien til stationære Tilstande stillede Krav. En saadan Opfattelse af Niveauernes Komplexitet tillader, som en nærmere Betragtning viser, ogsaa netop at gøre Rede for den Maade, hvorpaa Afstandene mellem sammenhørende Niveauer varierer med Atomnummeret. Uden at forsøge at danne sig nogen nærmere udformet Forestilling om Atomets Bygning har allerede Smekal diskuteret Muligheden af at gøre Rede for Mangfoldigheden af de iagttagne Niveauer. Foruden at henvise til den Mulighed, at de enkelte Elektroner i Atomets Hovedgrupper, ligesom det her er antaget, ikke bevæger sig i ækvivalente Baner, foreslaar Smekal Indførelsen af tre Kvantetal til Beskrivelsen af Elektronkonfigurationerne i Atomets forskellige Grupper, men angiver ikke nærmere, hvorvidt disse Kvantetal skal opfattes som karakteriserende en Komplexitet i Bygningen af Grupperne i Normaltilstanden selv eller af saadanne Grupper af ufuldstændig Karakter, der optræder i Atomer, hvorfra en Elektron er fjernet ved ydre Indgreb.

Den her fremsatte Opfattelse af Røntgenniveauernes Komplexitet vil ses at udvise nøje Analogi med den i det foregaaende omtalte Fortolkning af Komplexiteten af Seriespektrenes Termer. Mellem den med Niveauernes Komplexitet sammenhængende finere Struktur af Røntgenspektrene og den omhandlede sammensatte Bygning af Linierne i Seriespektrene er der dog den Forskel, at der i Røntgenspektrene — i Modsætning til hvad der under sædvanlige Omstændigheder gælder for de sidstnævnte Spektre — ikke alene forekommer Kombinationer mellem Spektraltermer (Niveauer), for hvilke Værdien af k varierer med en Enhed, men ogsaa imellem Termer, der svarer til samme Værdi af k. Dette maa antages at hid-

Digitized by Google

røre fra, at vi i Røntgenspektrene i Modsætning til Seriespektrene har at gøre med Overgange mellem stationære Tilstande, hvor baade før og efter Overgangen den Elektron, til hvis Bevægelsesændring Straalingsudsendelsen er knyttet, deltager i intimt Vekselspil med andre Elektroner i Baner med samme Hovedkvantetal. Selv om dette Vekselspil maa antages at være af en saadan Beskaffenhed, at de Svingningskomponenter, der vilde fremtræde i en enkelt af Elektronernes Bevægelser uden de andres Nærværelse, i Almindelighed ogsaa vil optræde i Atomets resulterende Moment, maa vi nemlig vente, at Vekselvirkningen mellem Elektronerne vil give Anledning til Optræden i dette Moment af Svingningskomponenter af nye Typer. Samtidig med at dette Forhold giver en Forstaaelse af, at det, som Niveauernes Komplexitet viser os, er muligt ved en Straalingsproces paa mere end en Maade at udløse en Elektron af Vekselspillet med de andre i samme Undergruppe i ækvivalente Baner bundne Elektroner, tilbyder det os et Udgangspunkt for at gøre Rede for de iagttagne Kombinationer mellem Niveauerne.

Jeg skal her indskrænke mig til disse Antydninger af den Fortolkning, som de fremsatte Betragtninger over Atombygningen synes at tilbyde for de røntgenspektroskopiske Fænomener, men idet jeg afslutter dette Foredrag, vil jeg gerne endnu en Gang understrege den nøje Forbindelse mellem denne Fortolkning og de forudgaaende Betragtninger vedrørende Fortolkningen af Stoffernes karakteristiske kemiske Egenskaber, saaledes som de kommer til Syne i Grundstoffernes periodiske System. Den Omstændighed, at det er en ganske tilsvarende Anvendelse af Kvanteteorien paa Kerneatomets Stabilitetsforhold, som vi ved Fortolkningen af de to Slags Fænomener har gjort Brug af, er nemlig et Punkt af største Vægt for Bedømmelsen af Betragtningernes Realitet; thi Berettigelsen af at benytte Betragtninger over Atomernes D a n n e l s e, ved den første Indfangning af Elektronerne en efter en, som en Hovedledetraad ved Udforskningen af Atombygningen kunde paa Forhaand forekomme tvivlsom, dersom saadanne Betragtninger ikke lod sig bringe i utvungen Overensstemmelse med Betragtninger over Atomets R e o r g a n i s a t i o n efter en senere Forstyrrelse i det Indre af det færdigt dannede Atom frembragt ved ydre Indgreb. Selv om der maaske saaledes kan paapeges

Digitized by Google

en vis indre Sammenhæng i de Forestillinger om Atombygningen, som jeg har søgt at give Dem et Indblik i, behøver jeg dog neppe at fremhæve Betragtningernes uafsluttede Karakter ikke alene hvad Udarbejdelsen af Enkeltheder, men ogsaa hvad Underbygningen af de almindelige Synspunkter angaar. Der synes imidlertid ikke at tilbyde sig nogen anden Vej til Fremtrængen paa Atomspørgsmaalets Område end den, som man hidtil har fulgt, nemlig at lade Arbejdet paa Udviklingen af vore Forestillinger i de to nævnte Retninger følges ad Haand i Haand.

Fysik i Skolen.

Nogle Forsøg over Vandbølger.

Af J. K. Eriksen.

Som bekendt anvender man ved Demonstrationsforsøg over Bølgebevægelse i Vand med Fordel et Kar med gennemsigtig Bund. Idet Bølgerne ved Hjælp af en stærk Lysgiver anbragt under Karret projiceres paa Loftet, kan man ved Hjælp af nogle simple Apparater overmaade nemt og synligt for en stor Klasse vise:

1. Det enkelte Bølgesystems Udbredelse (Bølgelængde, Svingningstal, Hastighed).
2. Bølgers Interferens, staaende Bølger.
3. Huyghens Princip.
4. Skyggedannelse.
5. Bøjning.
6. Tilbagekastning.
7. Brydning.

D. v. s. alle de vigtigste Forhold, som man møder i Bølgelæren, kan demonstreres ved Bølger paa Vand, ɔ: ved de Bølger, som Eleverne i Forvejen kender bedst.

Nedenfor anføres en Beskrivelse af de Apparater, jeg har benyttet. Karret bestaar af en Ramme af vinkelbøjet, galvaniseret Jern og en

Digitized by Google

Bund af dobbelt fransk Glas. Længden er 80 cm, Bredden 60 cm, Højden 5 cm. Rammen gaar 3 cm ind under Bunden.

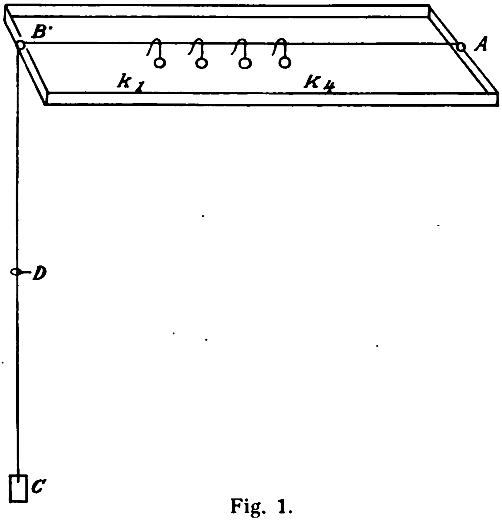


Fig. 1.

Ved *A* er fastloddet en Klemskrue og ved *B* en lille Trisse. En Metaltraad (c. 0,5 mm Jerntraad) *ABC* strammes af Loddet *C* (30—40 g) og sættes i Svingninger vinkelret paa Plan *ABC* af Øjet *D*, der er fastloddet paa et Ringeapparats Hammer.

K_1—K_4 er 4 ens Jernkugler (Diameter c. 1,5 cm), hvorpaa er loddet bøjede Jerntraade. Det er lettest at lade Kuglerne staa paa Karrets Bund (ca. halvt dækkede af Vand) med de bøjede Jerntraade hængt over Traaden *AB*. Dennes Svingninger vinkelret paa Plan *ABC* giver Kuglerne tilstrækkelig Bevægelse.

Anvendes kun 1 af Kuglerne, faas et smukt enkelt Bølgesystem (Grimsehl: Lehrbuch der Physik. Band 1. Berlin 1920. Se Fig. 609). Lader man tillige den bøjede Jerntraads fri Ende naa ned i Vandet, faas Interferens mellem to uens Bølgesystemer med samme Svingningstal. Med 2 Kugler (Afstand 5—10 cm) danner man to ens Bølgesystemer og faar staaende Bølger. Man ser Interferenshyperblerne (Grimsehl, Fig. 610) og de modsatte Faser paa en Hyperbelgrens to Sider (Grimsehl, Fig. 611). Anbringes alle 4 Kugler paa Rad (Grimsehl, Fig. 612), men med en Afstand paa c. 5 cm mellem Kuglerne,

Digitized by Google

ses, hvorledes flere enkelte Bølgesystemer ved Interferens kan danne retliniede Bølger (se nedenfor, Huyghens Princip).

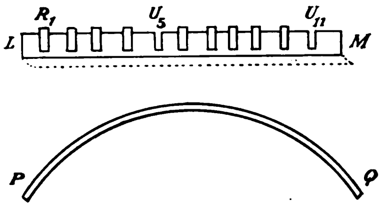


Fig. 2.

LM (Fig. 2) er en vinkelbøjet Zinkplade (60 cm lang, 4 cm høj). Der er dannet 11 Udsnit U_1—U_{11} (c. 1 mm brede). Disse kan atter lukkes ved smaa Ryttere R_1—R_{11}.

Parablen *PQ* er ligeledes dannet af Zink. Parameteren er 40 cm og Afstanden *PQ* 60 cm.

LM anbringes tværs over Karrets Bund, og den midterste Rytter R_6 fjernes. Retliniede Bølger parallelle med *LM* frembringes f. Eks. ved Hjælp af en Lineal (c. 50 cm lang). Paa den modsatte Side af *LM* ses halvcirkelformede Bølger med det midterste Udsnit U_6 som Centrum (Grimsehl. Fig. 613).

Altsaa (Huyghens Princip, 1. Del): I ethvert Bølgesystem kan ethvert Punkt betragtes som Centrum for et nyt enkelt Bølgesystem.

Fjernes alle Rytterne, danner de 11 enkelte Bølgesystemer igen ved Interferens retliniede Bølger.

Altsaa (Huyghens Princip, 2. Del): Det af de enkelte Bølgesystemer ved Interferens dannede Bølgesystem er identisk med det oprindelige System.

Man anbringer *LM* (alle Rytterne paasat) i Karrets Længderetning med *L* støttet mod en af de korte Sider og frembringer med Linealen retliniede Bølger parallelle med *LM*. Man ser da baade, at *LM* kan kaste Skygge, og at Bølgen kan bøje om Hjørnet *M*. Bøjningens Forklaring ved Huyghens Princip iagttages umiddelbart Derpaa anbringes *LM* skraat i Karret med *L* støttet mod en af de lange Sider, og man frembringer retliniede Bølger parallelle med de

Digitized by Google

korte Sider. Ved at variere Retningen *LM* faar man forskellige Indfaldsvinkler. Man ser, at Udfaldsvinklen stedse er lig Indfaldsvinklen, og at det tilbagekastede System har samme Bølgelængde og Hastighed som det givne (Grimsehl. Fig. 614).

Anbringes atter en af Kuglerne paa *AB*, kan man lade et enkelt Bølgesystem tilbagekastes af Væggen *LM* (Grimsehl. Fig. 615). Lægges Parablen *PQ* tværs over Karret, og frembringer man passende retliniede Bølger, faas stærk Bevægelse i Brændpunktet (Grimsehl. Fig. 616). Frembringes derimod et enkelt Bølgestem med Centrum i Brændpunktet, er de tilbagekastede Bølger rette Linier (Grimsehl. Fig. 617).

Endelig benyttes et Rektangel (22 cm × 17 cm) og en retvinklet Trekant (Kateter 30 cm og 20 cm) af 5 mm tykt Spejlglas. Naar de lægges paa Karrets Bund, skal Vandet lige være i Stand til at gaa hen over dem.

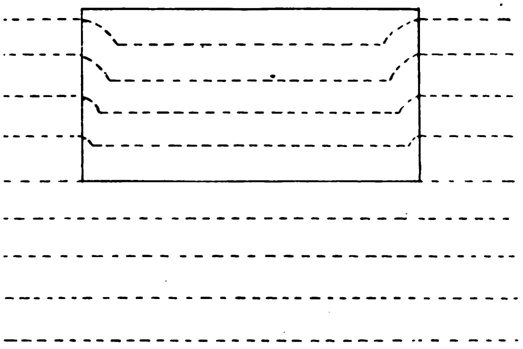


Fig. 3.

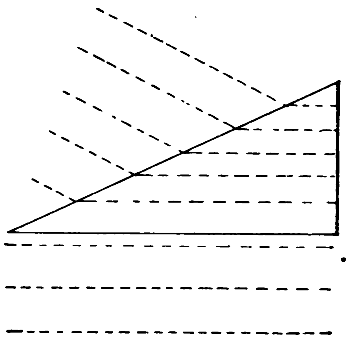


Fig. 4.

Med disse Glasstykker anstilles følgende Forsøg:

Men sender retliniede Bølger vinkelret ind mod Rektanglets længste Side. Man ser (Fig. 3), at Bølgerne ovenover Glaspladen adskiller sig fra Bølgerne paa det dybere Vand derved, at Bølgelængden og Hastigheden er mindre; men Bølgen brydes ikke, naar den kommer vinkelret mod Grænsefladen.

Sendes derimod retliniede Bølger vinkelret ind mod Trekantens ene Katete, ser man (Fig. 4), at Bølgerne brydes henimod »Prismet«s tykke Del, idet de atter gaar ud paa det dybere Vand.

Digitized by Google

Forsøgene kan varieres paa mange Maader. Det synes at vise sig, at Brydningen fremtræder smukkest, naar Bølgen gaar fra grundt Vand ud paa dybt Vand.

Anm. Den teoretiske Forklaring af en Bølges Brydning (ud fra Huyghens Princip) findes f. Eks. i Sundorphs Lyslære for Gymnasiet Pg. 55. Tilbagekastningsloven bevises let ved analoge Betragtninger.

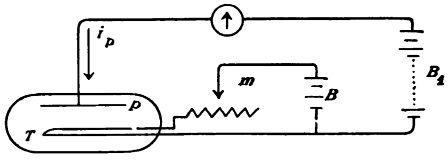
Forsøg med Elektronrør.

Af Adjunkt Viggo Jørgensen.

P. O. Pedersen's Artikel i »Fysisk Tidsskrift« Nr. 4—5, 1919—20, har givet mig Anledning til at prøve, om Elektronrøret var et anvendeligt Middel ved Undervisningen i Gymnasiet.

Jeg anskaffede et Elektronrør samt 15 Batterier til elektriske Lommelygter (da Statsskolen i Lyngby har Vekselstrøm og snart venter at kunne flytte ud til en ny Bygning, kunde jeg ikke anvende Byelektriciteten) og havde saa i Skolens fysiske Samling Apparater, der var tilstrækkelige til de foreløbige Forsøg.

Jeg prøvede først, om Elektronstrømmen (Pladestrømmen) kunde maales med et af Skolens Galvanometre (1 Ind. $= 2{,}5 \cdot 10^{-6}$ Amp.), idet jeg havde følgende Opstilling:



B er 3 Tørelementer á 1,5 Volt, B_1 10 Lommelampebatterier og *M* en Modstandskasse til 11 Ohm. Naar Glødetraaden lyste, fik jeg et Udslag paa flere Inddelinger.

Da det gik saa let med de simple Midler, lod jeg Elektronrøret indgaa som Led i Elevøvelserne i 3. G, idet jeg lod Eleverne undersøge Pladestrømmens Afhængighed af Pladespændingen, idet jeg varierede Pladespændingen ved at variere Batteriernes Antal. Endelig lod jeg

Digitized by Google

Eleverne undersøge Pladestrømmens Afhængighed af Glødetraadens Temperatur og lod dem tegne Kurverne.

Der er ingen Tvivl om, at Elektronrøret er et simpelt og billigt Middel til at vise Elektronernes Afhængighed af Glødetraadens Temperatur, og at Ohms Lov ikke her kan anvendes paa det fuldstændige Kredsløb. Endvidere har jeg det Indtryk, at Elektronrøret giver Eleverne en bedre Forstaaelse af mange af de Forhold, de arbejder med i Elektricitetslæren.

Danske Eksamensopgaver.

Studentereksamen i Maj—Juni 1921.

Skriftlig Fysik for Privatister.

Der ønskes en kortfattet Besvarelse af nedenstaaende Spørgsmaal. Besvarelserne skal forsynes med samme Nummer som de tilsvarende Spørgsmaal, hvis Ordlyd ikke behøver at gengives. Tyngdens Acceleration regnes = 10 m.

1. Hvor langt falder et Legeme i det frie Falds 4de Sekund?
2. En Partikel med Masse m har Hastigheden v og faar meddelt Hastigheden v_1; hvor stor er Partiklens Bevægelsesmængde og levende Kraft, hvis:
   a) v og v_1 har samme Retning?
   b) v og v_1 har modsat Retning?
   c) v og v_1 staar vinkelret paa hinanden?
3. En Genstand falder ud af Gondolen paa en Luftballon, der daler med en jævn Hastighed 4 m. Hvor langt er Genstanden faldet (uden Luftmodstand) efter 10 Sekunders Forløb, og hvor langt er den paa dette Tidspunkt under Gondolen, der vedblivende er dalet med Hastigheden 4 m?
4. Hvad forstaas ved et Legemes Inertimoment?
5. Et Stykke Bly (Vægtfylde 11) holdes svævende i Vand à 4^0 ved Hjælp af et Stykke Kork (Vægtfylde $\frac{1}{4}$), der er helt nedsænket i Vandet; Blyet vejer 22 g, hvad vejer Korken?

Digitized by Google

6. En Metalkugle, hvis Vægt i kg er dobbelt saa stor som Varmeækvivalenten maalt i kgm, falder uden Begyndelseshastighed fra en Højde paa 37 m ned paa et vandret Underlag og springer efter Stødet 17 m til Vejrs.
   a) Hvor megen Varme er der fremkommet ved Stødet?
   b) Hvor meget stiger Kuglens Temperatur, naar dens Varmefylde er 0,1 og ¾ af den ved Stødet frembragte Varme findes i Kuglen?
7. Hvor mange Varmeenheder skal bruges til at forvandle 5 g Is ved — 20^0 C til Vand af 10^0 C.?
8. Hvad forstaas ved en astronomisk Kikkerts Forstørrelse, og hvilke Udtryk kendes for den?
9. Tegn en Himmelkugle og paa den en Stjerne; angiv paa Figuren Stjernens Højde (h), Azimuth (z), Deklination (d), Rektascension *(R)*, Timevinkel *(T)*, Opgangspunkt *(O)*, Nedgangspunkt *(N)* samt Kulminationspunkt (K).
10. Hvad forstaas ved Tidsækvation? Hvad skal vort Ur (mellemevropæisk Tid) vise i det Øjeblik, Solen kulminerer i København, naar Tidsækvationen er + 10 eller ÷ 10 Minutter?
11. Hvoraf afhænger et Elements elektromotoriske Kraft og Modstand?
12. Et Voltmeter har Modstanden 300 Ohm, og dets Maaleomraade er 0—3 Volt; det forsynes med en Forlagsmodstand 2700 Ohm; hvilket Maaleomraade faar det?

Resultater:

Nr. 1: 35 m; Nr. 2: $m(v_1 + v_2)$; $m(v_1 - v_2)$; $m\sqrt{v_1^2 + v_2^2}$.
Nr. 3: 540 m; 500 m.
Nr. 5: $6^2/_3$ g.
Nr. 6: 40 kg Kal.; $0{,}35^0$.
Nr. 7: 500 Kal.
Nr. 10: $12^h\,19^m\,41^s$; $11^h\,59^m\,41^s$.
Nr. 12: 0—30 Volt.

Skriftlig Kemi.

I [1]) Hvilke Karbonater kender De, der ikke sønderdeles ved Ophedning?

Digitized by Google

2) Hvilke Hydroxyder kender De, der ikke sønderdeles ved Ophedning?
3) Hvilke Metaller kender De, der ikke danner Hydroxyder?
4) Hvilke Metaller kender De, der ikke danner Karbonater?

II. Skriv Ligningerne for de Omsætninger, der foregaar ved:
1) Ophedning af Magniumhydroxyd.
2) » » Blynitrat.
3) » » Salmiak.
4) Sammenblanding af en stærk Syre og en stærk Base i vandig Opløsning (Ionomsætningen).

III. Skriv Omsætningen: Aluminium + fortyndet Svovlsyre og beregn, hvormange Gram Aluminium der paavirkes af 4,9 Gram Svovlsyre. Hvormange Procent Ilt findes i Aluminiumsulfat (Al = 27, S = 32, H = 1, O = 16).

IV. Hvormange Gram Sølv skulde man opløse i koncentreret Svovlsyre for at faa udviklet 4,48 Liter Svovldioxyd (0^0, 760 mm), (Ag = 108, S = 32).

V. En Opløsning indeholder 14,4 g Stof (ikke Elektrolyt) i 100 cm^3 Vand og fryser ved — $1,48^0$. Find Molekylvægten af det opløste Stof.

VI. Forklar, hvorfor man kan udfælde Natriumklorid af en mættet Kogsaltopløsning ved Tilsætning af koncentreret Saltsyre.

Resultater: III: 0,9 g; 56,14 %.
IV: 43,2 g.
V: 180.

1. Del af polyteknisk Eksamen 1921.

Fysik I.

1. En tynd Linse har Brændvidden p. I dens Akse er et lysende Punkt L anbragt i Afstand a fra det optiske Midtpunkt. Paa den anden Side af Linsen er der i Afstand $s = p$ fra det optiske Midtpunkt anbragt en plan spejlende Flade, som træffes vinkelret af Aksen. Ved Anvendelse af Linseligningen $\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{p}$ skal man finde den Afstand f_1 fra det optiske Midtpunkt, i hvilken de Straaler, der fra L gaar gennem Linsen, tilbagekastes fra

Digitized by Google

Spejlet og derpaa atter gaar gennem Linsen, vil danne Billede af *L*, naar *a* efterhaanden faar Værdierne ∞, $4p$, $2p$, p, $\frac{1}{2}p$ og 0. Hvorledes kan et saaledes anbragt Spejl tjene til Indstilling af en Kikkert paa uendelig Sigteafstand?

2. En Valse med vandret Akse og med Radius *r* kan rotere uden kendelig Gnidningsmodstand; den bærer en Metalskive, som fremkalder en elektromagnetisk Bremsning, ved at den roterer i et magnetisk Felt; af den Grund møder Rotationen en Modstand, hvis Moment $H = c\omega$ er proportionalt med Vinkelhastigheden ω. Om Valsen er lagt en Snor, som bærer et Lod af Masse *m*. Hvor stor lodret nedadgaaende Hastighed *u* skal man meddele Loddet, for at det skal fortsætte Bevægelsen med konstant Hastighed?

Idet de roterende Deles samlede Inertimoment er lig *I*, og idet *m* i et vist Øjeblik har en given lodret nedad rettet Hastighed *v*, spørges der om, hvor stor *m*'s Akceleration *g* samt Spændingen *p* i Snoren er.

m, *r*, *c* og *I* samt Tyngdeakcelerationen *G* er givne med Grundenhederne Centimeter, Gram og Sekund. Man ser bort fra Snorens Tykkelse, Masse og Stivhed.

Løsninger:

1. Billedet af *L* i Linsen ligger i Afstanden $f = \dfrac{ap}{a-p}$ fra denne. Dette Billedes Spejlbillede ligger i Afstanden $a_1 = 2s - f = 2p - f = \dfrac{p(a-2p)}{a-p}$ fra Linsen; f_1 findes da af $\dfrac{1}{a_1} + \dfrac{1}{f_1} = \dfrac{1}{p}$. $f_1 = 2p - a$. f_1 er regnet positiv fra Linsen mod *L*. Indsættes de givne Værdier for *a*, faas:

1) $a = \infty$, $f_1 = \infty$,	4) $a = p$, $f_1 = p$,
2) $a = 4p$, $f_1 = -2p$,	5) $a = \frac{1}{2}p$, $f_1 = \frac{3}{2}p$,
3) $a = 2p$, $f_1 = 0$,	6) $a = 0$, $f_1 = 2p$.

Ved Indstilling af Kikkerten paa uendelig Sigteafstand benyttes Tilfælde 4.

2. Den konstante Hastighed *u* findes af $mGr = c\omega = \dfrac{cu}{r}$; $u = \dfrac{mGr^2}{c}$.

Digitized by Google

Tænkes Snoren skaaret over og Spændingen p tilføjet, har man for Valsen: $I\frac{d\omega}{dt} = pr - c\omega$ eller $\frac{Ig}{r} = pr - \frac{cv}{r}$,

og for Loddet: $mg = mG - p$.

Heraf $g = \frac{mGr^2 - cv}{I + mr^2}$. $p = \frac{m\,(GI + cv)}{I + mr^2}$.

Fysik II.

1. En Beholder til Bestemmelse af k efter Clément og Desormes Metode er fyldt med en Luftart, der er i Temperaturligevægt med Omgivelserne og har et Overtryk paa 21 cm Vandtryk over Atmosfæretrykket. Hanen aabnes, saa at Trykket i Beholderen ved den adiabatiske Udstrømning synker til Atmosfæretryk, hvorpaa den atter lukkes. Naar Luften i Beholderen igen har antaget Omgivelsernes Temperatur, viser Manometret et Overtryk paa 6 cm Vandtryk. Barometerstanden er 760 mm Kvægsølvtryk. Find k.
2. En Kondensators Belægninger bestaar af to cirkulære cylindriske Flader med samme Akse. Deres Radier er henholdsvis 9 cm og 10 cm, og deres Længde er 60 cm. Isolationslaget mellem Belægningerne har Dielektricitetskonstanten 2,5. Hvor stor er Kondensatorens Kapacitet i Mikrofarad? Der tages ikke Hensyn til de særlige Forhold ved Belægningernes Rande.
3. Hvor stor bliver den effektive Strøm i Ampère gennem den i Opgave 2 omtalte Kondensator, naar en sinusformet Vekselspænding paa 10 Volt effektiv Spænding og 50 Perioder i Sekundet sættes paa dens Belægninger?

Løsninger:

1. I Beholderen er der til at begynde med et Tryk $p_1 = 760 + \frac{210}{13,6}$ mm Hg og en absolut Temperatur ϑ_1. Umiddelbart efter den adiabatiske Udstrømning er Trykket $p_2 = 760$ mm Hg og Temperaturen ϑ_2. Poissons Formel giver:

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}.$$

Digitized by Google

Efter at Beholderen igen har faaet Temperaturen ϑ_1, er Trykket i den $p_3 = 760 + \frac{60}{13,6}$ mm Hg. Idet der ses bort fra Ændringen i Beholderens Rumfang v ved Manometrets varierende Stand, har man: $p_2 v = R\vartheta_2$ $p_3 v = R\vartheta_1$.

Ved Elimination af Temperaturerne faas:

$$\frac{p_3}{p_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}},$$

hvoraf $k = \frac{\log \frac{p_2}{p_1}}{\log \frac{p_3}{p_1}}$, som med tilstrækkelig Tilnærmelse kan sættes lig $\frac{p_2 - p_1}{p_3 - p_1} \doteq 1,4$.

2. Vi beregner først Kapaciteten under Forudsætning af, at der er Luft mellem Belægningerne. Den indre Belægning gives Ladningen Q, den ydre afledes til Jord og faar Ladningen $-Q$. Kraftlinjerne forløber radialt i Planer vinkelrette paa Aksen. Lægges en lukket Cylinderflade konaksialt med de to andre med Højden 60 cm og med Radius r cm, hvor $9 < r < 10$, giver Gauss' Sætning: $4\pi Q = 2\pi r \cdot 60 \cdot E$, hvor E er den elektriske Kraft. Heraf faas $E = \frac{Q}{30r}$. Spændingen V bliver $\int_9^{10} E dr = \frac{Q}{30}\, \mathrm{l.} \frac{10}{9}$, hvoraf Kapaciteten af Luftkondensatoren findes lig $\frac{Q}{V} = \frac{30}{\mathrm{l.} \frac{10}{9}}$ absolute elektrostatiske Enheder. Naar Mellemlaget har Dielektricitetskonstanten 2,5 bliver Kapaciteten i Mikrofarad lig $\frac{2,5 \cdot 30}{9 \cdot 10^5\, \mathrm{l.} \frac{10}{9}} = 79 \cdot 10^{-5}$ Mikrofarad.

3. Kondensatorens Impedans er $z = \frac{1}{C\omega}$, hvor $C = 79 \cdot 10^{-11}$ er dens Kapacitet i Farad og $\omega = 2\pi \cdot 50$ er den cykliske Frekvens. Den effektive Strømstyrke I er bestemt ved $E = z \cdot I$, hvor $E = 10$ Volt er den effektive Spænding. Heraf faas $I = 2,5 \cdot 10^{-6}$ Ampère.

Digitized by Google

Bemærkninger til »Lidt om Maalingen og Betydningen af draabeflydende og faste Stoffers Sammentrykkelighed« i dette Tidsskrifts attende Bind.

Side 117 har der desværre indsneget sig et Par meningsforstyrrende Fejl. Det maa dog straks siges, at de ikke har nogensomhelst Betydning for eller Sammenhæng med noget i den øvrige Afhandling.

Saafremt man ved Maalingen af Sammentrykkeligheden ikke bortleder den ved Sammentrykningen frembragte Varme, maaler man den adiabatiske i Stedet for den isoterme Sammentrykkelighed. For de fleste Vædsker vil Forskellen beløbe sig til 10—20 pCt., men for Vand, som Ørsted fortrinsvis undersøgte, er Forskellen paa Grund af Vandets abnormt ringe Varmeudvidelse kun ca. ½ pCt. og følgelig af underordnet Betydning for Datidens Maalinger. Ørsteds Værdi for Vandets Sammentrykkelighed — 44 Milliontedele — er derfor ogsaa i god Overensstemmelse med Nutidens Maalinger.

Iøvrigt meddelte Ørsted i 1845 i Videnskabernes Selskab, at Vandets Temperatur stiger $^1/_{49,2}{}^0$ for hver Atmosfæres Tryk, det bliver underkastet, medens han i sine Afhandlinger (1818—1833) havde udtalt, at Temperaturen ikke steg ved Sammentrykningen. Efterladte Papirer viser, at Ørsted sammen med Colding har udført en Række omhyggelige Forsøg over Temperaturændringer ved Tryk. Senere Undersøgelser (f. Eks. af Tait i 1889) har dog vist, at Temperaturstigningen for Vand kun er ca. $^1/_{1000}{}^0$, medens den for andre Vædsker er ca. 0.015 (ved 15—20°).

Som Eksempel paa andre Vædsker kan nævnes Alkohol, (ikke Vand, se Side 117, 4. L. f. o.), for hvilket Temperaturen stiger ca. $^1/_{100}$ Grad pr. Megabar. Det medfører en Varmeudvidelse paa $^1/_{100\,000}$ af Rumfanget, hvilket er en Tiendedel af Sammentrykkeligheden. For at denne sidste skal kompenseres af Varmeudvidelsen, skal Temperaturen stige ca. $^1/_{10}{}^0$ pr. Megabar for Alkohol og lignende, og $^1/_5{}^0$ for Vand.

Sven Palitzsch.

Digitized by Google

Anmeldelser.

E. Grimsehl: Lehrbuch der Physik zum Gebrauche beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. I to Bind. 2. Bd., Magnetisme og Elektricitet. 4. forøgede og forbedrede Oplag, udgivet af W. Hillers under Medvirkning af H. Starke. B. G. Teubner, Leipzig og Berlin 1920. 634 Sider. 548 Figurer. Pris indb. Kr. 14,95.

4. Udgave af 1. Bind, omhandlende Mekanik, Varmelære, Akustik og Optik udkom i Fjor og blev anmeldt her i Tidskriftet 19. Aarg. S. 204. Nu foreligger den nye Udgave af 2. Bind, der behandler Elektricitetslæren. Selve Karakteren af Grimsehls Lærebog vil være Læserne bekendt fra udførlige Anmeldelser af tidligere Udgaver. I det her behandlede Afsnit af Fysiken har Udviklingen været særlig stærk og krævet talrige Ændringer og Tilføjelser, hvorved Sidetallet er vokset ca. 80 Sider over forrige Udgave (anmeldt af Johs. Kofoed 15. Aarg. S. 173). De Mangler, der paataltes ved denne er rettede med Undtagelse af, at M. Knudsens Arbejder over Luftarterne ved lave Tryk stadig er uomtalte. Bohrs Atomteori har saaledes faaet en særskilt Paragraf paa 7 Sider, men den logiske Begrundelse af Teoriens Forudsætninger træder ikke frem i den givne Fremstilling. Dog, som Helhed betragtet, maa Bogen siges at være en fortræffelig Lærebog, der opfylder, hvad der er tilsigtet med den, at give en fyldig og dog let tilgængelig Fremstilling af Fysiken, ført op til Nutidens Standpunkt, og den kan derfor anbefales paa det bedste.

E. S. J.

R. Vater: Technische Wärmelehre (Thermodynamik). 2. Oplag ved Dr. F. Schmidt. (Aus Natur und Geisteswelt Bd. 516). B. G. Teubner, Leipzig 1920. 122 Sider. Pris heftet Kr. 1,15 + 100 %.

1. Afsnit omhandler Grundbegreberne (Rumfang, Vægtfylde, Tryk, Temperatur) og Tilstandsændringer (ved konstant Temperatur og ved konstant Tryk). Udførligt omtales Arbejdsydelsen ved en isothermisk Tilstandsændring og den forenede Mariotte-Gay-Lussac'ske Lov.

I 2. Afsnit indføres Betegnelserne c_p, c_v og k samt Begrebet Kredsproces. Varmelærens 1. og 2. Hovedsætning forklares. 2. Hovedsætning udtales paa dette Sted saaledes: Ved en fortløbende

Digitized by Google

Omdannelse af Varme til Arbejde er en fuldstændig Omdannelse umulig. Stedse maa en Del Q_2 af den tilførte Varmemængde Q_1 atter gaa bort som Varme. Sluttelig omhandler dette Afsnit Adiabaterne, men desværre meddeles deres Ligning uden Bevis.

3. Afsnit er udelukkende helliget Carnots Kredsproces. Da Carnot-Processen giver den højeste thermiske Virkningsgrad inden for givne Temperaturgrænser, kan den thermiske Virkningsgrad, der i gunstigste Fald kan ventes ved en Dampmaskine, let beregnes. Carnot-Processen gennemløbet i negativ Omløbsretning forklarer Kompressionskuldemaskinen. Varmelærens 2. Hovedsætnæiæng kan nu formuleres saaledes: Varme kan ikke af sig selv gaa over fra Legemer af lavere til Legemer af højere Temperatur. Et Arbejde vil stedse være nødvendigt.

Efter at Dampens Forhold (mættede og umættede Dampe, kritisk Temperatur) er udførligt behandlet i 4. Afsnit, omtaler 5. Afsnit Entropien. En reversibel Tilstandsændring giver 1) ved Udvidelse Maximum af ydet Arbejde og 2) ved Fortætning Minimum af modtaget Arbejde. Ved en reversibel adiabatisk Tilstandsændring er Entropien konstant: ved en reversibel isothermisk Varmetilførsel vokser den bestandig. Entropien kan (efter Prof. Lynew) anskueliggøres saaledes: Af et Beløb Q_1 skal kun tilbagebetales det mindre Beløb Q_2, indeholdende et givet Antal (T_2) ens Møntstykker (S). Entropien beregnes efter Formlen $S = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c\,dT}{T}$, hvor c er Varmefylden og T den absolutte Temperatur. Regningernes Udførelse vises ved en Del Eksempler.

6. Afsnit indeholder Afbildninger og Beregninger i S, T Diagrammet (Entropien S er Abscisse, den absolute Temperatur T Ordinat).

I S, T Diagrammet fremstilles Varmemængder ved Flader. Af Hensyn til Vanddampenes Theori (mættede og umættede Dampe) indføres derfor i 7. Afsnit Molliers I, S Diagram, hvor Koordinaterne er Dampens Varmeindhold I og Entropien S.

Hele Bogen er skrevet i et let læseligt og klart Sprog. Fremstillingen er bred og rig paa Eksempler og grafiske Afbildninger. Det er lykkedes Forfatteren at naa det Maal, han nævner i sit Forord: at vise Thermodynamikkens Simpelhed og store praktiske Betydning samt at klarlægge Entropibegrebet. *J. K. Eriksen.*

Digitized by Google

Kohlrausch: Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. Dritte Auflage, neubearbeitet von H. Scholl. B. G. Teubner, Leipzig 1919. Pris indb. 12 Mk. + Tillæg.

Tredje Udgave af denne bekendte Bog fremtræder i en betydelig udvidet Skikkelse. Det større Omfang skyldes dels, at Fremstillingen er bleven bredere, dels at der foran hver Opgave er fremsat en Redegørelse for de Kendsgerninger og Love, der ligger til Grund for Opgaven; endelig er der kommen nye Opgaver til vedrørende Vekselstromteknikken, elektriske Svingninger, Røntgenstraaler og Radioaktivitet. Bogen har ved disse Udvidelser vunden betydelig i Værdi som Haandbog for Lærere, og hvis man ikke foretrækker at have den store Udgave, bør den ikke savnes i noget Gymnasiums Haandbibliotek. Bl. a. paa Grund af dens fyldige Tabelmateriale vil den være til daglig Nytte for Fysiklærere.

L. Christiansen.

K. Hahn: Grundriss der Physik für höhere Lehranstalten und Fachschulen sowie zum Selbstunterricht. B. G. Teubner, Leipzig 1920. Pris h. Kr. 3,20 + 100 %.

Denne Bog indeholder paa ca. 270 Sider en Fremstilling af Fysikken i et Omfang, der paa adskillige Punkter gaar ud over, hvad der læres i danske Skoler. Forfatterens Grundbetragtning er denne: det grundlæggende i vore Dages Fysikundervisning er og bør være Eksperimentet og først og fremmest Elevernes egne Forsøg; men en saadan Undervisning kræver megen Tid, og det er umuligt paa denne Maade at gennemarbejde alle Fysikkens Omraader lige grundigt. Da den moderne Forsknings Resultater griber ind i og spænder over alle Fysikkens Omraader, maa det imidlertid ogsaa være Undervisningens Formaal at give et samlet Billede af Fysikken, saaledes at der lægges Vægt paa den indre logiske Sammenhæng i Systemet. Dette kan i en mindre Lærebog kun naas ved at bortskære mange Enkeltheder og kun medtage det, som umiddelbart hører med til Opbygning af Systemet. Derfor er Forsøgs- og Apparatbeskrivelser i Bogen indskrænket til det mindst mulige og Hovedvægten lagt paa at fremhæve og klarlægge Begreber og Love og se dem i deres indbyrdes Sammenhæng. Dette er gjort klart og overskueligt, og Bogen kan derfor nok have Interesse for Lærere.

Digitized by Google

Af særlig Interesse er de fyldige historiske Noter, som ledsager Bogens forskellige Afsnit og optager en ikke ringe Part af dens Sider. De giver i Reglen en udmærket Oversigt over de enkelte Problemers historiske Udvikling. — Bogens ydre Udstyrelse er yderst tarvelig og alt andet end tiltalende.

L. Christiansen.

A. Steensig: Om Undervisningen i Naturlære. Metodisk Vejledning. Gyldendalske Boghandel. København 1920. 104 Sider. Pris heftet 5,50 Kr.

Naar man ved sin daglige Gerning har rig Lejlighed til at konstatere, hvor absolut uvidende en stor Del af Ungdommen er om de simpleste fysiske Forhold, kan det kun glæde at stifte Bekendtskab med en Folkeskolelærer, der er optaget af Fysikundervisningen, og det har sin Interesse at se, hvorledes han lægger Stoffet til Rette ved sin Undervisning. Dette er det Synspunkt, man maa anlægge, naar den foreliggende Bog skal bedømmes; thi en fyldestgørende Undervisningsmetodik kan Bogen ikke kaldes, dertil er den for ufuldstændig, og adskillige af Forfatterens Ræsonnementer for overfladiske. At Forfatteren lægger Hovedvægten paa Forsøget er rigtigt, men han synes at stille Tegning paa Klassetavlen og Forsøgene som Modsætninger, skønt Forholdet jo er, at de supplerer hinanden. Naar det ved Indledningen til Lyslæren hedder, at »man ved Genemgang af Lyslæren, hvor man ikke driver vidtstrakt(!) Laboratorieundervisning, maa ty mere til Kridtet og Vægtavlen, end det strengt taget er ønskeligt —«, saa er dette ikke rigtigt. Man kan jo netop ved meget smaa Midler gennemgaa Hovedpunkterne af Lyslæren ad eksperimentel Vej, og Tegningen er her et nødvendigt Supplement for Forstaaelsen.

At Forfatteren slaar til Lyd for Anvendelsen af simple Apparater er udmærket; men at det egentlig kun er hjemmelavede Apparater, der duer, er dog for meget sagt, og en Bemærkning som: »Saadanne prægtige Sager kan jo nok vække Elevernes Beundring og Nysgerrighed, og det er meget muligt, at Læreren, naar han udfører vidunderlige Tryllekunster med de sindrige Apparater, kan naa en vis Berømmelse blandt sit Publikum som stor Medicinmand, men god Undervisning bliver det næppe«, er jo helt ude i Karika-

Digitized by Google

turen. Forfatteren synes at savne Forstaaelse af Fysiksløjds Betydning for Fysikundervisningen.

Afsnittet om Lærerens Forberedelse og om Brugen af Haandbøger er godt, og jeg kan godt lide, at der saa stærkt fremhæves, at Læreren bør fortælle Børnene noget om de store Fysikere.

Den metodiske Gennemgang er knyttet til en Række Spørgsmaal i de forskellige Afsnit, og her er godt og daarligt blandet mellem hinanden. Flere Anvisninger er fortrinlige, f. Eks. om Kulsyre og Pendulet, andre ret uheldige, f. Eks. det galvaniske Element, der er altfor utilstrækkeligt, naar Elementet skal danne Indledning til Elektricitetslæren, hvilket forøvrigt er meget rigtigt. Jeg anser det for en Mangel, at de elektriske Maaleenheder ikke er omtalt. Da Spørgsmaalet altid falder Begynderen vanskeligt, var der saa meget mere Grund til at tage det med. »At Varmelæren let fører ind paa vidtløftige (i en Børneskole!) meteorologiske og geografiske Overvejelser«, skulde være Aarsagen til, at dette Afsnit keder Eleverne, turde være tvivlsomt; tværtimod, det er snarere disse Forhold, der vækker Børnenes Interesse, og her er et Omraade, hvor en Forbindelse mellem de forskellige Fag paa en naturlig Maade kan knyttes, saa her vilde nogle metodiske Anvisninger have været paa sin Plads og burde findes i en Vejledning. Naar det undertiden kan knibe med at fange Børnenes Interesse ved enkelte Forsøg i Varmelæren, skyldes dette snarere, at den eneste Iagttagelse, Børnene kan gøre, er Temperaturændringen, men kun de nærmest siddende kan se Temperaturskalaen.

Et saa vigtigt Spørgsmaal som Stoffets Fordeling i Klasserne og Naturlærens Forhold til de øvrige Fag er ikke berørt, skønt det er af stor Interesse ikke mindst for Landsbyskolen, hvor der ikke kan gives Naturfagene mere end 2 ugentlige Timer.

Trods Bogens Mangler som Undervisningsmetodik, tvivler jeg ikke om, at Begynderen vil kunne hente adskillige nyttige Vink i Bogen, og ved Gennemlæsning faar man det Indtryk, at man har med en interesseret Lærer at gøre, der søger at faa et godt Resultat ud af sin Fysikundervisning. *H. Jepsen.*

Digitized by Google

F99
v.19

1920—1921 Nr. 1—2

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN

RIBE

LIBRARY
OHIO STATE
UNIVERSITY

19DE AARGANG. 1920—1921

KJØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP

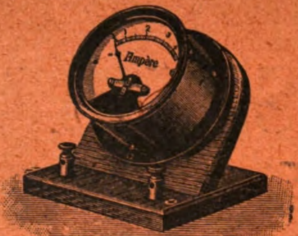
TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1920

PRINTED IN
DENMARK

Digitized by Google

H. Struers kemiske Laboratorium.



Skindergade 38, København K.

Fysiske Apparater til Undervisningsbrug.

Kemiske Apparater.

Mikroskoper — Spektroskoper — Refraktometre
Polarisationsapp. — Fotometre.

Kemikalier til analytisk Brug.

Hovedprisliste over App. til kemisk, mikroskopisk og bakteriolog. Brug.
Prisliste over App. til Undervisningsbrug.
Tilsendes paa Forlangende.

Bøger indsendt til Redaktionen.

H. G. Bader: Grundlagen der Flugtechnik. Leipzig 1920, Teubner. Pris h. 7,20 Kr. + 100 %.

Dansk Tidsskrift-Index. 4. Aargang 1918. København 1920, J. L. Lybecker. Pris h. 5 Kr.

R. Grammel: Der Kreisel, seine Theorie und seine Anwendungen. Braunschweig 1920, Vieweg. Pris h. 32 Mk. + Tillæg.

K. Hahn: Grundriss der Physik für höhere Lehranstalten und Fachschulen sowie zum Selbstunterricht. Leipzig 1920, Teubner. Pris h. Kr. 3,20 + 100 %.

Jul. Hartmann: Praktisk Fysik. I. Mekanisk Fysik. København 1920, Gjellerup. Pris h. Kr. 9,25.

J. L. Heiberg: Naturwissenschaften, Mathematik und Medizin im klassischen Altertum. 2. Oplag. (Aus N. u. G. Bd. 370). Leipzig 1920, Teubner. Pris h. Kr. 1,15 + 100 %.

H. A. Jørgensen: Anvisning til bruk av regnestaven. Kristiania 1919, Aschehoug.

Martin Knudsen: Fysiske Opgaver. København 1920. Pris h. Kr. 3,75.

A. Rotth: Grundlagen der Elektrotechnik. 3. Oplag. (Aus N. u. G. B. 391). Leipzig 1920, Teubner. Pris h. Kr. 1,15 + 100 %

Th. Sundorph: Elektricitet og Magnetisme for Gymnasiet 2. Udg. København 1920, G. B. N. F. Pris indb. Kr. 7,75.

Th. Sundorph: Varmelære for Gymnasiet. 2. Udg. København 1920, G. B. N. F. Pris h. Kr. 2,75.

R. Uhlich: Untersuchungen zur Erklärung der fernwirkenden Kräfte. Leipzig 1920, Teubner. Pris h. 80 Øre + 100 %.

R. Vater: Technische Wärmlehre (Thermodynamik). 2. Oplag ved Dr. Fritz Schmidt. (Aus N. u. G. Bd. 516). Leipzig 1920, Pris h. Kr. 1,15 + 100 %.

Den tilsendte Ørsted-Litteratur anmeldes i nærværende Hefte.

Digitized by Google

1920—1921 Nr. 3

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN

RIBE

LIBRARY
OHIO STATE
UNIVERSITY

19DE AARGANG. 1920—1921

KJØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP

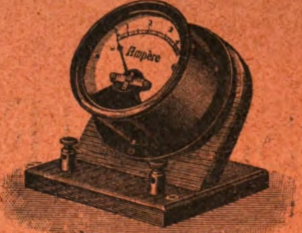
TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1921

PRINTED IN DENMARK

Digitized by Google

H. Struers kemiske Laboratorium.



Skindergade 38, København K.

Fysiske Apparater til Undervisningsbrug.

Kemiske Apparater.

Mikroskoper — Spektroskoper — Refraktometre
Polarisationsapp. — Fotometre.

Kemikalier til analytisk Brug.

Hovedprisliste over App. til kemisk, mikroskopisk og bakteriolog. Brug.

Prisliste over App. til Undervisningsbrug.

Tilsendes paa Forlangende.

Nyheder fra Udlandets Litteratur.

Fra 1. Febr. omregnes Mk. 1,00 = Kr. 0.32.

Stark, J., Prof., Dr.: Änderung d. Struktur u. d. Spektrums chem. Atome. Nobelvortrag 1920	Mk. 3.—
Zech & Cranz, Prof., Dr.: Aufgabensaml. z. teoret. Mechanik nebst Auflösungen, 4. Aufl. ib.	» 40.—
Bohr, N., Prof.: Über d. Serienspektra d. Elemente. Samml. Vieweg	
Eder, J. M.: Das Bogenspektrum d. Terbiums	» 5.—
Ettenreich, R.: Reaktionszeit v. Kontaktdetektoren I. Tl. Aus d. I. phys. Instit. d. Universität Wiens	» 12.—
Exner: Zur Kenntnis d. Grundempfindungen im Helmholtz'schen Farbensystem	» 6.—
Kottler: Zur Theorie d. Beugung. Emissionstheorie d. Lichtes u. Quantenhypothese. Aus d. Instit. f. theor. Physik d. Univ. Wiens 1920	» 7.—
Gabler: Über d. Ausbeute an aktiven Niederschlag d. Radiums im elektr. Felde	» 8.—
Hevesy: Elektricitätsleitung u. Diffusion in festen salzen	» 10.—
Oppenheim: Über d. Eigenbewegung d. Fixsterne; 4. Mitt.: Das Verteilungsgesetz d. Eigenbewegung	» 23.—
Kausch: Die unmittelbare Ausnützung d. Sonnenenergie ib. ca.	» 26.—
Lenard: Über Kathodenstrahlen, Nobelvortrag. 2. verm. Aufl,	» 15 —
Schmidt: Das Weltbild d. Relativitätstheorie, allgem. verständl. Einführ. in d. Einsteinsche Lehre. v. Raum u. Zeit. 2. erw. Aufl. ib.	» 12.—
Cunningham: Relativity and the Electron Theory. Under Trykning.	
Walker: Diagnosing and Curing of Troubles in Electric Machinery. Under Trykning.	

JUL. GJELLERUPS BOGHANDEL

Sølvgade 87. Telf. 3505 og 4592.

Digitized by Google

1920—1921 Nr. 4

covers for 5-6 missg.

FYSISK TIDSSKRIFT

UDGIVET AF

SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

REDIGERET AF

H. M. HANSEN OG E. S. JOHANSEN

FOR SKOLESPØRGSMAALS VEDKOMMENDE AF

L. CHRISTIANSEN

RIBE

LIBRARY
OHIO STATE
UNIVERSITY

19DE AARGANG. 1920—1921

KJØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: JUL. GJELLERUP

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & Co. (IVAR JANTZEN)

1921

PRINTED IN DENMARK

Digitized by Google

H. Struers kemiske Laboratorium.

Skindergade 38, København K.
Fysiske Apparater til Undervisningsbrug.
Kemiske Apparater.
Mikroskoper — Spektroskoper — Refraktometre
Polarisationsapp. — Fotometre.
Kemikalier til analytisk Brug.
Hovedprisliste over App. til kemisk, mikroskopisk og bakteriolog. Brug.
Prisliste over App. til Undervisningsbrug.
Tilsendes paa Forlangende.

Nyheder fra Udlandets Litteratur.

Fra 15. Juni omregnes Mk. 1,00 = Kr. 0.20.

Stark, J., Prof., Dr.: Anderung d. Struktur u. d. Spektrums chem. Atome. Nobelvortrag 1920 . . . . Mk. 3.—
Zech & Cranz, Prof., Dr.: Aufgabensaml. z. teoret. Mechanik nebst Auflösungen, 4. Aufl. ib. » 40.—
Bohr, N., Prof.: Abhandlungen über Atombau . . . . Kr. 4.—
Eder, J. M.: Das Bogenspektrum d. Terbiums . . . . Mk. 5.—
Ettenreich, R.: Reaktionszeit v. Kontaktdetektoren I. Tl. Aus d. I. phys. Instit. d. Universität Wiens . . . . » 12.—
Exner: Zur Kenntnis d. Grundempfindungen im Helmholtz'schen Farbensystem . . . . » 6.—
Kottler: Zur Theorie d. Beugung. Emissionstheorie d. Lichtes u. Quantenhypothese. Aus d. Instit. f. theor. Physik d. Univ. Wiens 1920 . . . . » 7.—
Gabler: Über d. Ausbeute an aktiven Niederschlag d. Radiums im elektr. Felde . . . . » 8.—
Hevesy: Elektricitätsleitung u. Diffusion in festen salzen . . . » 10.—
Oppenheim: Über d. Eigenbewegung d. Fixsterne; 4. Mitt.: Das Verteilungsgesetz d. Eigenbewegung . . . . » 23.—
Kausch: Die unmittelbare Ausnützung d. Sonnenenergie ib. ca. » 26.—
Lenard: Über Kathodenstrahlen, Nobelvortrag. 2. verm. Aufl, » 15 —
Schmidt: Das Weltbild d. Relativitätstheorie, allgem. verständl. Einführ. in d. Einsteinsche Lehre. v. Raum u. Zeit. 2. erw. Aufl. . . . . ib. » 12.—
Cunningham: Relativity and the Electron Theory. Under Trykning.
Walker: Diagnosing and Curing of Troubles in Electric Machinery. Under Trykning.

JUL. GJELLERUPS BOGHANDEL
Sølvgade 87. Telf. 3505 og 4592.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

FEB 20 1961

Cole Memorial Library

Digitized by Google

FYS
QC
THE OH
D AISL
8 07
Digitized by Google